

## Proiect

**„Consolidarea capacității instituționale pentru îmbunătățirea politicilor din domeniul schimbărilor climatice și adaptarea la efectele schimbărilor climatice”**

**Cod SIPOCA/MySmis:610/127579**

### **Raport privind activitatea A.2.**

“Realizarea unui studiu privind evaluarea impactului potențial al fenomenelor de risc climatic asupra unor sectoare cheie vulnerabile și populației (calitatea aerului), metode de predicție a impactului variabilității climatice și analiza spațială pentru identificarea diferențierilor regionale ale posibilelor impacturi”

### **Raport privind activitatea A2.3**

“Realizarea unui studiu privind metodele de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice (incluzând evenimentele meteorologice extreme) asupra sectoarelor cheie vulnerabile, inclusiv analiza spațială pentru identificarea diferențierilor regionale în scopul regionalizării riscurilor climatice actuale și viitoare”

**Raport realizat în cadrul contractului de servicii nr. 72/23.06.2021**

**Octombrie 2021**

## Cuprins

1. Introducere	4
2. Metode de analiză a seriilor istorice de date climatice (1901-2020) și a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100) pentru fiecare regiune geografică a României	5
2.1. Metode de analiză a seriilor istorice de date climatice (1901-2020) pentru fiecare regiune geografică a României	5
2.1.1. Metode de analiză a seriilor istorice de date climatice (1901-2020)	5
2.1.2. Metode de regionalizare a seriilor de date istorice climatice: prelucrare și modelare	6
2.1.3. Metode de monitorizare continuă a climatului regional (evenimente extreme) utilizând observații și date satelitare; diagnosticarea și avertizarea evenimentelor extreme	8
2.2. Metode de analiză a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100) pentru fiecare regiune geografică a României	8
2.2.1. Descrierea scenariilor climatice	8
2.2.2. Metode de analiză a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100)	10
2.2.3. Metode de regionalizare a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100); Metode dezvoltate și utilizate în România	10
2.3. Predicția climatică; metode de predicție și regionalizare a evoluției climatice pe termen extins	12
2.3.1. Predicția climatică prin metode deterministe; regionalizare	12
2.3.1.1. Metode de analiză / re-analiză a datelor climatice pentru predicția / analiză climatică	12
2.3.1.2. Metode de inițializare a predicției	14
2.3.1.3. Predicția climatică deterministă în România	15
2.3.2. Predicția climatică ne-deterministă și regionalizare	16
2.3.2.1. Metode statistice	16
2.3.2.2. Metode analitice	17
2.4. Metode de exploatare a informației climatice (actuale și viitoare)	17
2.4.1. Metode de identificare a diferențierilor regionale pe tipuri de riscuri climatice	17
2.4.1.1. Valuri de căldură	17
2.4.1.2. Valuri de frig / ger	18
2.4.1.3. Perioade cu precipitații abundente generatoare de inundații la scară locală și regională	18
2.4.1.4. Perioade cu viscol	18
2.4.2. Identificarea nivelurilor de risc climatic în funcție de pragurile de intensitate ale acestora (moderată, puternică și extremă)	18
3. Metode de analiză a diferențierilor teritoriale ale vulnerabilității pentru fiecare sector cheie analizat precum și a categoriilor de populație vulnerabile.	19
3.1. Energie	19
3.2. Transporturi	26
3.2.1. Metode și modele de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice la nivel internațional	27

3.2.2.	Metode și modele de evaluare și predicție la nivel național	29
3.2.3.	Metodologia de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice a factorilor climatici asupra infrastructurii de transport	31
3.3.	Managementul resurselor de apă	32
3.3.1.	Modelarea impactului potențial al schimbărilor climatice asupra resurselor de apă ale râurilor din România	33
3.3.2.	Modele utilizate	35
3.4.	Agricultura și dezvoltarea rurală	39
3.4.1.	Introducere	39
3.4.2.	Indicatori hidrici	40
3.5.	Silvicultura	48
3.6.	Turism și activități recreative	52
3.6.1.	Stabilirea variabilelor statistice și a indicatorilor pentru identificarea vulnerabilității activităților turistice la schimbările climatice; (identificarea elementelor la risc)	52
3.6.2.	Calculul claselor de vulnerabilitate	54
3.6.3.	Evaluarea nivelurilor de vulnerabilitate a turismului la schimbările climatice	55
3.7.	Urbanism și sisteme urbane	55
3.8.	Biodiversitate	69
3.9.	Populație	69
3.9.1.	Sănătate publică	69
3.9.1.1.	Identificarea/selectarea categoriilor de populație vulnerabilă	70
3.9.1.2.	Stabilirea variabilelor statistice și a indicatorilor pentru identificarea vulnerabilității populației la schimbările climatice	71
3.9.1.3.	Calcularea indicelui de vulnerabilitate a populației (I_POP_VULN_CLIMA) la riscuri climatice (așa cum au fost acestea menționate la Pct. 9.3.1)	74
3.9.1.4.	Diferențierea la nivel teritorial a gradelor de vulnerabilitate a populației la riscuri climatice	75
3.9.1.5.	Metode de analiza a percepției și experienței categoriilor de populație vulnerabile care au experimentat variabilitatea climatică (inclusiv diferitele tipuri de fenomene meteorologice extreme)	75
3.9.1.6.	Metodologia de analiză a impactului stresului termic	76
3.9.2.	Calitatea aerului	77
	CONCLUZII	77
	BIBLIOGRAFIE	78

## 1. Introducere

Schimbările climatice reprezintă deja o componentă reală a vieții planetei noastre, efectele lor negative fiind resimțite atât în plan economic, cât și social. În ultimele două decade suntem martorii intensificării frecvenței și amplitudinii fenomenelor climatice și meteorologice extreme. Aceste extreme variază de la incendii forestiere și valuri de căldură fără precedent chiar deasupra Cercului Polar Arctic la perioade de secetă devastatoare în regiunea mediteraneană și de la uragane care fac ravagii în regiunile ultraperiferice ale Uniunii Europene la păduri distruse de invaziile nemaiîntâlnite de gândaci de scoarță în Europa Centrală și de Est. Fenomenele cu o evoluție lentă, cum ar fi deșertificarea, pierderea biodiversității, degradarea solului și a ecosistemelor, acidificarea oceanelor sau creșterea nivelului mării, sunt la fel de distructive pe termen lung. Pierderile economice cauzate de multiplicarea fenomenelor meteorologice extreme sunt în creștere. La nivelul Uniunii Europene, luând în calcul numai aceste pierderi, constatăm că ele depășesc deja, în medie, 12 miliarde euro pe an. Estimările prudente arată că expunerea economiei actuale a Uniunii Europene la o încălzire globală de 3°C peste nivelurile preindustriale ar antrena o pierdere anuală de cel puțin 170 de miliarde euro. Schimbările climatice afectează nu numai economia, ci și sănătatea și bunăstarea europenilor, care suferă din ce în ce mai mult din cauza valurilor de căldură.

În acest context, la începutul acestui an, Uniunea Europeană a adoptat noua strategie de adaptare la schimbările climatice. Prin aceasta se stabilește modul în care populația se poate adapta la efectele inevitabile ale schimbărilor climatice și pentru a construi un viitor rezilient la schimbările climatice până în 2050. Strategia are patru obiective principale: să facă adaptarea mai *inteligentă*, mai *rapidă* și mai *sistemică* și să intensifice acțiunile internaționale privind adaptarea la schimbările climatice. Pentru realizarea unei adaptări mai *inteligente*, strategia propune acțiuni care împing frontierele cunoașterii astfel încât să poată fi colectate date cât mai multe și mai precise referitoare la riscurile și pierderile datorate schimbărilor climatice, și consolidarea și extinderea platformei europene Climate-ADAPT. Noua strategie va include un observator specific în domeniul sănătății pentru a se urmări, a se analiza și a se preveni cu mai multă acuratețe impactul schimbărilor climatice asupra sănătății populației. Pentru o adaptare mai *rapidă* și mai cuprinzătoare, strategia se concentrează pe dezvoltarea și implementarea soluțiilor de adaptare ce contribuie la reducerea riscurilor legate de climă, la creșterea protecției climatice și la protejarea disponibilității apei dulci. Pentru o adaptare mai *sistemică*, Comisia Europeană va sprijini dezvoltarea și implementarea strategiilor și planurilor de adaptare la toate nivelurile de guvernare, cu trei priorități transversale: integrarea adaptării în politica macro fiscală, găsirea unor soluții bazate pe natură în materie de adaptare și luarea unor măsuri de adaptare locale.

Evaluarea condițiilor climatice și socio-economice prezente și viitoare reprezintă primul pas în procesul de adaptare. Această etapă necesită sisteme de monitorizare climatică (rețele meteorologice de suprafață, radare meteorologice, sisteme de radiosondaj pentru atmosferă, dispozitive satelitare, balize oceanice și marine etc.), care să colecteze continuu și sistematic informațiile necesare. Toate aceste observații sunt utilizate alături de rezultatele experimentelor numerice realizate prin modele climatice globale și regionale, în analiza stării prezente a climei și estimarea celor viitoare, la nivel global, regional sau local. Pentru evaluarea riscurilor și oportunităților potențiale legate de variabilitatea și schimbarea climei, atât la nivel național, cât și la nivel sectorial, este nevoie de o dezvoltare a bazelor de date și a modelării socio-economice care să se poată cupla cu informațiile climatice.

**Scopul acestui studiu** îl reprezintă elaborarea de sinteze privind metodele de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice (incluzând evenimentele meteorologice extreme) asupra sectoarelor cheie vulnerabile, inclusiv analiza spațială pentru identificarea diferențierilor regionale în scopul regionalizării riscurilor climatice actuale și viitoare.

**Principalele obiective** ale raportului au fost:

- sinteza actuală de evaluare și analiză a schimbărilor climatice la scară regională și subregională;
- sinteza metodologiilor de evaluare și predicție a impactului regional și temporal diferențiat al schimbărilor climatice asupra sectoarelor prioritare;
- sinteza metodelor actuale de evaluare și analiză a extremelor climatice (actuale și proiectate în scenarii climatice) la scară regională și subregională;
- sinteza metodelor utilizate în prezent pentru estimarea marjei răspunsului climatic la acțiuni de management în scopul optimizării acestora;
- studiu privind evaluarea metodelor de predicție și proiecții climatice la scara regională pentru România.

## 2. Metode de analiză a seriilor istorice de date climatice (1901-2020) și a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100) pentru fiecare regiune geografică a României

### 2.1. Metode de analiză a seriilor istorice de date climatice (1901-2020) pentru fiecare regiune geografică a României

#### 2.1.1. Metode de analiză a seriilor istorice de date climatice (1901-2020)

Indicii de variație ai seriilor de date măsurate (climatice, satelitare, modelate) sunt: media, mediana, abaterea standard, amplitudinea, maxima și minima absolută, coeficientul de corelație, regresia liniară și multiplă, percentila și anomalia.

- **Mediana** reprezintă valoarea de mijloc a unei distribuții, fiind definită drept cel mai mic număr care satisface condiția ca jumătate dintre valori sunt mai mari decât acesta; se utilizează pentru distribuțiile de frecvență asimetrice fiind un estimator mai robust în acest caz;
- **Anomalia** reprezintă abaterea valorilor unui șir de date față de media/mediana intervalului de referință standard (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010, 1991-2020);
- **Abaterea standard** reprezintă măsura variabilității unui șir de date;
- **Amplitudinea** reprezintă diferența dintre valoarea maximă și valoarea minimă dintr-un șir de date;
- **Coeficientul de corelație** reprezintă raportul dintre abaterea standard și media unui șir de date, exprimat în procente, și este utilizat pentru stabilirea gradului de omogenitate al șirului;
- **Analiza de regresie** presupune cuantificarea relațiilor dintre una (regresia simplă) sau mai multe (regresia multiplă) variabile independente și o variabilă dependentă, iar dreapta/curba de regresie reprezintă linia care fitează cel mai bine datele dintr-un șir și estimează tendința de evoluție a unui parametru; Cuantificarea relațiilor cauzale poate fi realizată prin ecuații liniare (regresie liniară) sau neliniare (regresia neliniară);
- **Panta tendinței** (metoda Theil-Sen): magnitudinea tendințelor în șirurile de date climatice poate fi estimată folosind estimatorul Theil-Sen, cunoscut și sub numele de Sen's slope estimator sau Kendall robust line-fit method, care reprezintă mediana pantelor dintre toate perechile de puncte ale unei serii de date (Gilbert, 1988; Helsel & Hirsch, 2002);
- **Percentila de ordin "i"** a unei serii numerice (observate) reprezintă valoare  $n_i$  dintr-un șir, caracterizată de proprietatea că "i" % din valorile șirului sunt mai mici decât  $n_i$  și  $(n-i)$  % din valorile șirului sunt mai mari decât aceasta;
- **Puncte de schimbare** în medie ale unui șir de date și calculul semnificației statistice (testele Mann Kendall și Pettit); Testul neparametric Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1938; Kendall, 1975) identifică tendințele în seriile de date climatice prin compararea magnitudinii relative a eșantionului de date – în locul valorilor șirului de date (Gilbert, 1988). Unul dintre

marile avantaje ale acestui test constă în faptul că datele nu trebuie să fie asociate unei anumite distribuție;

- **Încadrarea în clase de severitate** a anomaliilor termice și pluviometrice, determinate prin metoda centilelor.

Clasele de severitate a anomaliilor termice/pluvio prin metoda centilelor au fost definite astfel:

- **Extrem de rece/extrem de deficitar** - anomaliile termice/pluviometrice mai mici de centila a 5-a;
- **Foarte rece/foarte deficitar** - anomaliile termice/pluvio cuprinse între centila a 5-a și centila a 10-a;
- **Rece/deficitar** - anomaliile termice/pluvio cuprinse între centila a 10-a și centila a 33-a;
- **Normal** - anomaliile termice/pluvio cuprinse între centila a 33-a și centila a 66-a;
- **Cald/excedentar** - anomaliile termice/pluvio cuprinse între centila a 66-a și centila a 90-a;
- **Foarte cald/foarte excedentar** - anomaliile termice/pluvio cuprinse între centila a 90-a și centila a 95-a;
- **Extrem de cald /extrem de excedentar** - anomaliile termice/pluviometrice mai mari de centila a 95-a.

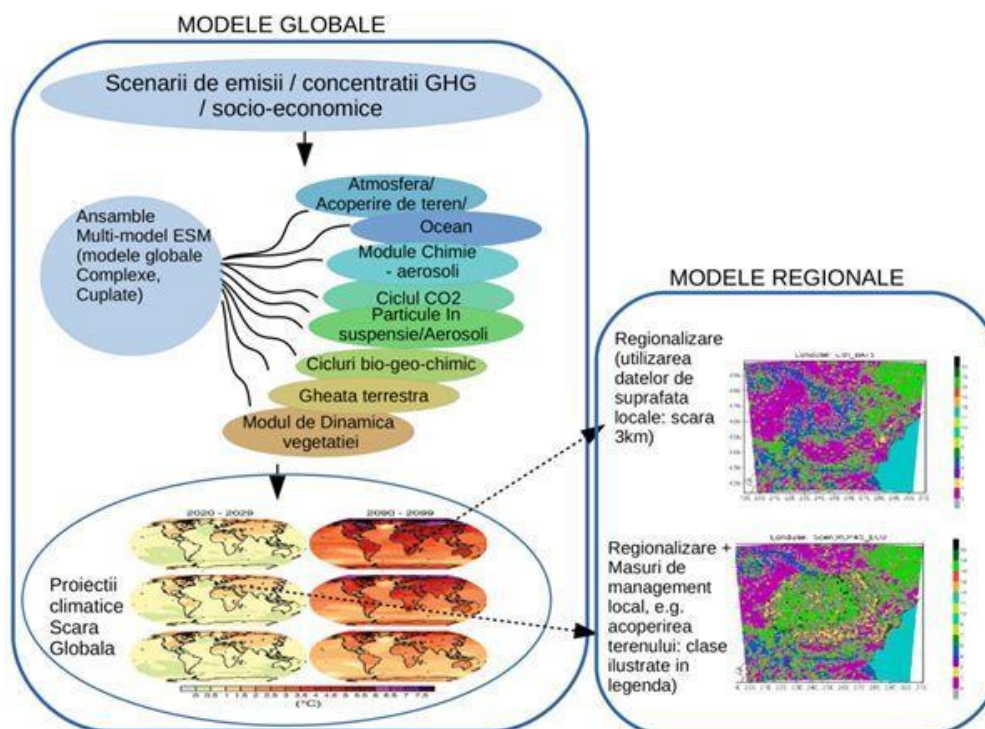
O metodă de explorare a datelor privind precipitațiile extreme, cumulate în intervale de timp sub-zilnice, respectiv durate de la 5 la 1440 minute, o reprezintă calculul intensității maxime anuale pentru aceste durate și pentru diferite perioade de revenire (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 ani); intensitatea precipitațiilor (mm/min.) reprezintă raportul dintre cantitatea de precipitații (mm) căzută într-un interval de timp specificat și durata intervalului (minute); pentru calculul intensității maxime se folosesc distribuții caracteristice valorilor extreme, una dintre acestea fiind Distribuția Gumbel Generalizată (General Extrem Value - GEV), o combinație a distribuțiilor Gumbel, Fréchet și Weibull, distribuții diferențiate de valorile parametrului de formă. Utilizând această distribuție se calculează o valoare maximă care se așteaptă să fie înregistrată sau depășită la un interval de timp  $T$  cu probabilitatea  $1/T$ .

### 2.1.2. Metode de regionalizare a seriilor de date istorice climatice: prelucrare și modelare

- **Metoda modelării globale a sub-sistemelor climatice cuplate GCM/ESM**

Modelele globale au un grad mare de complexitate, cu multiple parametrizări ale proceselor fizice, cu discretizare numerică avansată a proceselor dinamice și mai ales, cu o complexitate majoră ce derivă din faptul că acestea cupleză reprezentarea multi-sistemelor climatice pentru a produce simulări climatice cu un grad mare de acuratețe. Figura 2.1.1 ilustrează componentele sub-sistemului climatic care sunt cuplate și rulate în interacțiune dublă (“on-line”) astfel încât acestea schimbă energie, moment și masă la fiecare pas de timp al avansului temporal în simularea evoluției climatice. Datorită complexității, rezoluția acestor modele e limitată de resurse de calcul. O soluție pentru a atinge rezoluții fine o reprezintă modelarea pe arie limitată: cuplajul (de obicei “off-line”) al modelelor globale cu modele climatice regionale care, pe arii mai mici pot avea o rezoluție crescută astfel încât să devină capabile să reproducă evoluția climatică a scărilor fine (cele două soluții: globală și regională fiind necesare simultan (Scinocca et al., 2016; Wang et al., 2004; Caian & Geleyn, 1997).





**Figura 2.1.1.** Modele cuplate globale pentru simularea climatului actual și a scenariilor climatice (stânga); metode de regionalizare dinamică prin includerea datelor de suprafață de înaltă rezoluție pentru România (dreapta sus); metode de regionalizare a scenariilor climatice prin includerea opțiunilor de management (noi clase de acoperire de teren: dreapta jos (Caian & Andrei, 2019) ).

- **Metoda regionalizării dinamice, deterministe, utilizând modele climatice regionale (RCM) la scară fină**

Regionalizarea dinamică implică cuplajul RCMs cu informația de scară mare (GCM/ESM) și includerea forțajului de scară fină (acoperire de teren, topografie, noi parametrizări fizice, Figura 2.1.1).

În particular, modelarea climatică regională necesită utilizarea de modele climatice regionale performante cu rezoluții foarte fine și parametrizări fizice specifice scărilor spațio-temporale reprezentate (sau utilizarea de modele cu parametrizări implicite), care să producă informație de scară fină necesară studiilor de impact. Totodată aceste rezoluții permit reprezentarea extremelor climatice. Utilizarea de ansamble numerice mari de modele cuplate: model regional / model global este utilizată pentru simulările climatice sau predicțiile pe termen extins (>4-5 zile). Rezoluțiile fine presupun în același timp implementarea de tehnici de validare specifică a modelelor la scară foarte fină prin campanii de măsurători sau date colectate pe termen lung.

- **Metode statistice de regionalizare SD**

Metodele empirice/ statistice de regionalizare a datelor climatice observate și modelate au un grad mare de complexități diferite: de la metode de interpolare (liniară, cubică, spline, interpolare optimă) la modele statistice ce iau în considerare relații între diferiți parametri climatici (predictor) pentru a estima variabila la scară fină (predictand). Aceste metode sunt aplicate cu succes atât în practica prognozei operative pentru a regionaliza valorile prognozate de modele globale sau regionale la scara locala, cât și în studii climatice. Comparatia cu metoda deterministă de regionalizare prezintă avantaje și dezavantaje de ambele părți. Totuși, regionalizarea statistică este discutabilă pentru scenariile climatice deoarece relațiile statistice pe care se bazează corespund climatului prezent.

- **Metoda modelării conceptuale**

Modele mecanice sunt acele modele analitice care propun explicații pentru dezvoltarea unui proces atmosferic/ climatic la scară fină regională sau la scară locală pe baza conexiunilor între scări

mai mari și scara fină, identificate prin analiza datelor și / sau simulărilor numerice efectuate. De obicei analizele evenimentelor extreme la scară regională / local utilizează modele conceptuale cu rezultate utile în predicția acestor fenomene (Caian & Andrei, 2019, Caian et al., 2020).

- **Metoda algoritmilor de post-procesare și analiza regională**

Acești algoritmi sunt orientat--dezvoltați în vederea extragerii unui anumit tip de informație din datele climatice pentru a identifica un posibil răspuns la scară locală, ca de exemplu, modelele de calcul a traiectoriilor care ajung/pleacă în/din regiuni țintă - utile în transportul poluanților sau analiza ciclonilor (Caian et al., 2021); modelele de predicție a unor indicatori derivați regionali (e.g. indice de secetă, etc)

### **2.1.3. Metode de monitorizare continua a climatului regional (evenimente extreme) utilizând observații și date satelitare; diagnosticarea și avertizarea evenimentelor extreme**

- Monitorizarea în timp real: se face prin utilizarea datelor satelitare, de la stațiile de observații și radar în timp real în scopul avertizării imediate a condițiilor ce favorizează producerea evenimentelor extreme în timp real.
- Monitorizarea continuă: utilizarea datelor staelitare, de observatii (reanalize) și simulări numerice pe termen extins pentru analiza mecanismelor ce conduc la apariția extremelor climatice, identificarea precursorilor și definirea unor indicatori de avertizare.

## **2.2. Metode de analiză a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100) pentru fiecare regiune geografică a României**

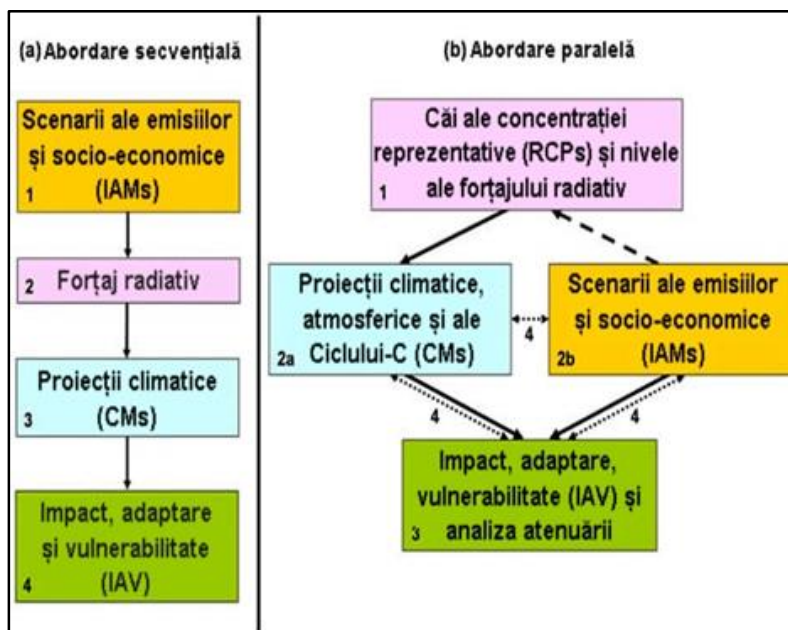
### **2.2.1. Descrierea scenariilor climatice**

Dinamica schimbării climatice în următoarele decenii și secole depinde în mare măsură de evoluția activităților umane viitoare. De aceea, modelele climatice sunt rulate în condițiile unor scenarii de dezvoltare socio-economică. Factorii externi impuși modelelor climatice - cum ar fi viitoarele concentrații ale GES - sunt derivați din diferite scenarii pentru viitor. Scenarii ale emisiilor/concentrațiilor GES sunt utilizate pentru a evalua impactul unei game de activități umane asupra componentelor sistemului terestru. Scenariile nu prezic viitorul, dar ele ajută la o mai bună înțelegere a incertitudinilor și a căilor de evoluție, în scopul evaluării fezabilității opțiunilor de adaptare la schimbările climatice și a diminuării emisiilor care le provoacă sub un nivel critic de la care capacitatea adaptivă a speciei noastre nu ar mai putea funcționa. Trebuie să luăm în considerare faptul că modificările climatice determină schimbări atât în sistemele naturale cât și în cele umane (prin schimbările tehnologice, economice, stilul de viață și politică), acestea din urmă, la rândul lor, influențând schimbările climatice (Bojariu et al. 2015).

Prima abordare în proiectarea scenariilor climatice a fost una liniară, constând în următoarele etape:

- i. producerea de scenarii socio-economice care conduc la diferite niveluri de emisii de aerosoli și GES (adică scenariile de tipul IPCC SRES);
- ii. transformarea acestor emisii în concentrații;
- iii. descrierea influențelor lor asupra sistemului climatic;
- iv. evaluarea implicațiilor acestor schimbări climatice, împreună cu schimbările socio-economice și de mediu, asupra sistemelor naturale și umane (Figura 2.2.1).





**Figura 2.2.1.** Abordări în dezvoltarea scenariilor globale: (a) abordare secvențială precedentă; (b) abordare paralelă propusă. Numerele indică pașii analitici (2a și 2b acționează în același timp). Săgețile indică transferuri de informație (solid), selecția RCP-urilor (liniuite) și integrarea informației și feedback-urilor (punctat), sursa: (Moss et al., 2008)

O altă abordare a scenariilor ce sunt impuse modelelor climatice a fost proiectată pentru o mai bună integrare între factorii socio-economici, schimbările din sistemul climatic și vulnerabilitatea sistemelor naturale și umane. În loc să pornească de la scenarii socio-economice care conduc la diferite niveluri de emisii ale aerosolilor și gazelor cu efect de seră, noile scenarii încep cu concentrațiile viitoare de aerosoli și gaze cu efect de seră. Aceste noi scenarii descrise de Moss et al. (2008) sunt așa numitele „căi reprezentative de evoluție a concentrațiilor» (RCPs). Scenariile RCP pot fi folosite simultan, fie de modelele geosistemului (ESM) pentru a explora schimbările viitoare ale răspunsurilor fizice și biogeochimice la schimbarea compoziției atmosferice și a forțajului radiativ, sau de modelele de evaluare integrată (IAMs) pentru a explora condițiile socio-economice alternative care ar rezulta în astfel de modificări viitoare ale compoziției atmosferei (Figura 2.2.2). În faza paralelă a noii abordări, sunt efectuate noi experimente climatice cu ajutorul modelelor pentru a produce proiecții climatice folosind seriile de timp ale concentrațiilor și ale utilizării terenurilor din cele patru scenarii RCP. Aceste proiecții numerice vor fi folosite pentru a construi noi scenarii climatice pentru aplicarea lor în studii ale impactului, adaptării și vulnerabilității (IAV) și IAM (Figura 2.2.2) (Moss et al., 2008).

Prin noua abordare, comunitatea științifică trebuie să producă scenarii cantitative ale modificărilor socio-economice, inclusiv modificările demografice, tehnologice, energetice și de utilizare a terenurilor în concordanță cu scenariile concentrațiilor (RCPs). Scenariile de tip RCP nu sunt legate de nici un scenariu socio-economic, dar fiecare dintre ele este în concordanță cu multe tipuri de evoluții socio-economice, deoarece diferite schimbări socio-economice viitoare ar putea conduce la schimbări similare în compoziția atmosferică. Liniile evolutive de dezvoltare socio-economică definite de comunitatea științifică pot fi apoi folosite ca un set comun de ipoteze de către comunitățile IAM și IAV (Bojariu et al., 2015).

O serie recentă de scenarii examinează modul în care societatea globală, demografia și economia s-ar putea schimba în secolul următor.

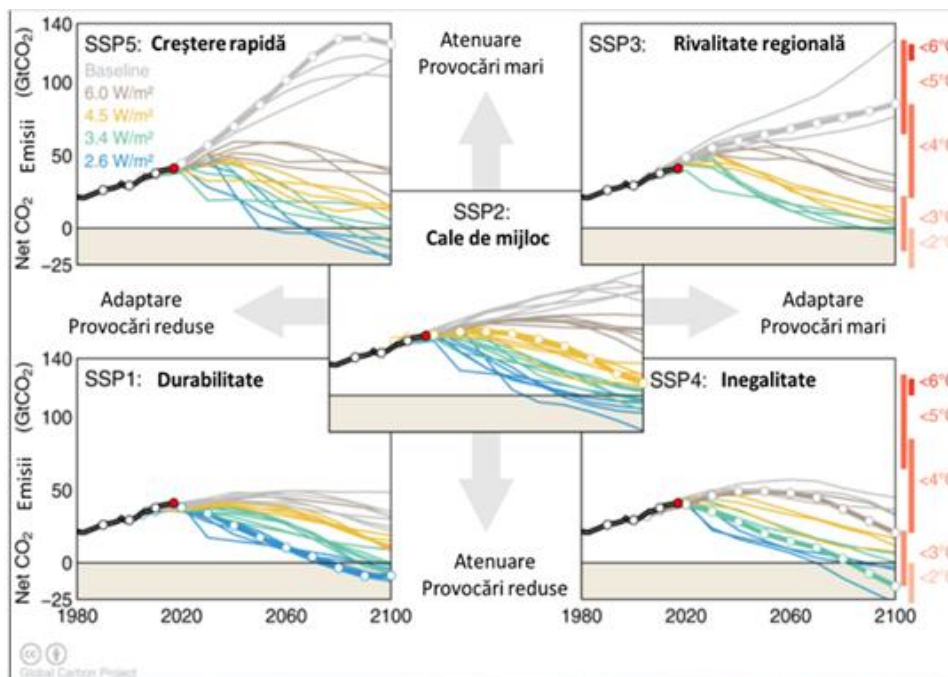


Figura 2.2.2. Reprezentarea celor 5 scenarii SSP cu emisiile și creșterile asociate de temperatură (la sfârșitul secolului) și legătura cu scenariile RCP (după Glen Peters and Robbie Andrews și Global Carbon Project<sup>1</sup>).

Acestea sunt cunoscute sub numele de "traectorii socio-economice comune" (Shared Socioeconomic Pathways - SSPs). Noile SSP-uri oferă cinci traectorii pe care lumea ar putea evolua (Figura 2.2.2). În comparație cu scenariile anterioare, acestea oferă o viziune mai largă asupra unei lumi "business as usual", fără acorduri climatice viitoare, încălzirea globală în 2100, variind de la 3.1 ° C până la 5.1 ° C față de nivelurile preindustriale (Bojariu et al., 2021).

Pentru a descrie evoluțiile viitoare ale variabilelor climatice în vederea evaluării hazardurilor legate de climă sunt folosite modelele climatice globale și regionale cu care se realizează experimente numerice în condițiile scenariilor ce descriu perturbațiile externe (precum schimbări ale compoziției atmosferei datorită creșterii concentrației gazelor cu efect de seră - GES). Intervalul de integrare sau numărul de iterații folosit, precum și rezoluția spațială necesare rulării modelului depind de natura problemei analizate (Bojariu et al. 2021).

### 2.2.2. Metode de analiză a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100)

Metodele de analiza a scenariilor climatice au elemente comune cu cele utilizate în studiul climatului actual (2.1.1). Diferența principală o constituie atribuția rezultatului simulat. Aceasta deoarece simulările de scenarii au multiple incertitudini care la randul lor necesită a fi "pronozate" sau estimate. Metodele cele mai utilizate în prezent sunt: i) parametrizarea incertitudinilor prin simulări multiple în condiții identice de forțaj extern (e.g. multi-model sau uni-model, dar cu perturbații în condițiile inițiale sau în parametrizările fizice); ii) includerea acestor parametrizări fizice perturbate direct în modele numerice (e.g. parametrizarea fizică stocastică, utilizată în modelele actuale: CNRM, EC-Earth. etc.).

### 2.2.3. Metode de regionalizare a scenariilor climatice viitoare (2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100); Metode dezvoltate și utilizate în România

Metodele implică rulări multiple cu modele climatice regionale dezvoltate de marile centre de modelare climatică, în cuplaj cu multi-modele globale ESM. Realizările sunt multiple pentru a crea ansamble de modele și a putea estima incertitudinea simulării.

<sup>1</sup> <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change>

## Regionalizarea dinamică pentru România

Pentru regionalizarea dinamică a scenariilor climatice CMIP5: a fost implementat și este rulat un sistem de modelare cuplată pentru rafinarea scenariilor climatice la scară foarte fină (5 km) care a fost rulat actualmente pentru intervalul 2030-2040, scenariul RCP8.5.

Modelul climatic regional utilizat pentru regionalizare dinamică a fost calibrat și optimizat pentru regiunea României utilizând: metoda algoritmilor genetici, simulări de senzitivitate, simulări idealizate și validare succesivă a prognozelor sezoniere (Caian et al. 2019a).

Modelul regional a fost cuplat cu o serie de modele de impact sectorial pentru analiza răspunsului sectorial la scenariul simulat (Figura 2.2.3).

Acest sistem de downscaling la rezoluție foarte fină a scenariilor climatice pentru România a fost utilizat și pentru analiza unor evenimente extreme (e.g. pentru cele mai calde veri proiectate în viitorul apropiat 2020-2050, Caian et al, 2021)

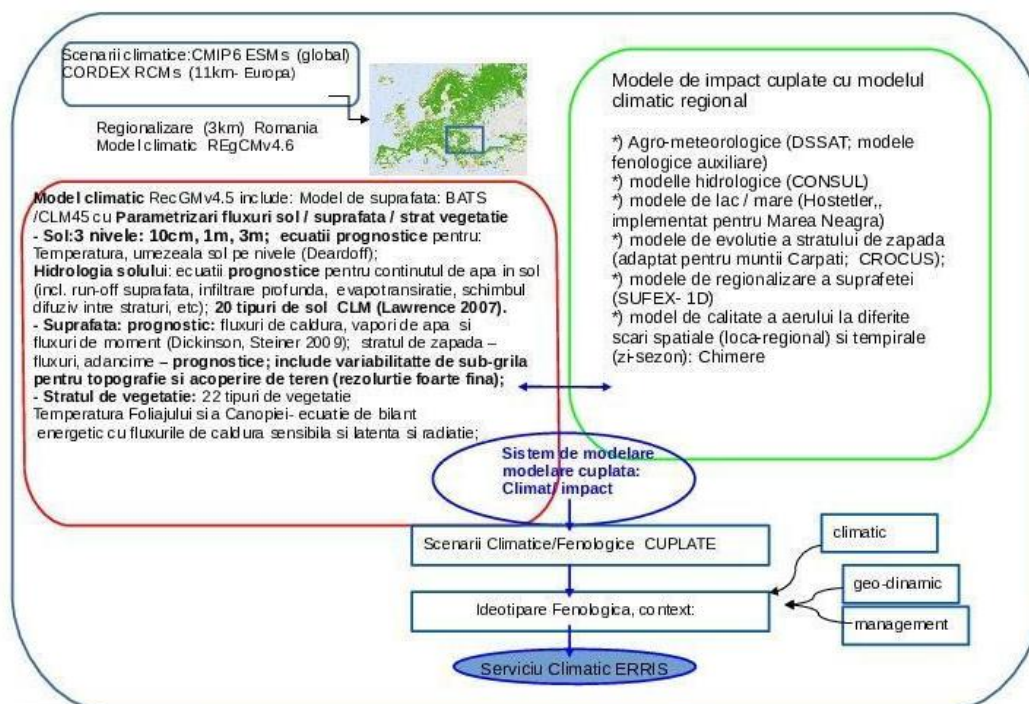


Figura 2.2.3. Lanțul de modelare regională climatică în ANM

## Regionalizarea statistică

În afară de proiectarea dinamică la scări fine, există și metodele statistice ce pot fi utilizate pentru a modela evoluțiile unei părți a geo-sistemului la rezoluții spațiale și mai fine, de la aproximativ 1 km la 10 km (Bojariu et al., 2015). Semnalul global al schimbării climei se proiectează la scări regionale și locale foarte diferit. Din punct de vedere socio-economic, sunt importante tocmai aceste proiecții climatice regionale ale schimbării climei. Încălzirea globală nu e uniformă în spațiu și timp pentru că factorii locali și variabilitatea naturală nuanțează semnalul global. În cazul României, problema regionalizării semnalului global al schimbării climei este cu atât mai complexă cu cât factorii locali sunt mai diverși. Prezența arcului carpatic, vecinătatea Mării Negre, diversitatea foarte mare a tipurilor de soluri, toate aceste caracteristici locale și înca multe altele modulează răspunsul climatic la încălzirea globală (Bojariu et al., 2015).

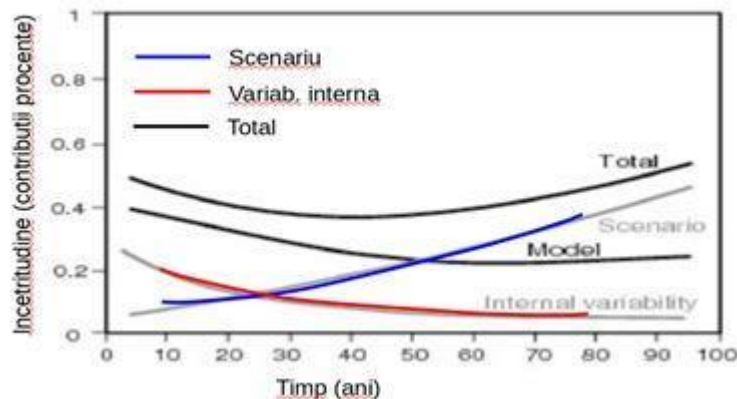
## 2.3. Predicția climatică; metode de predicție și regionalizare a evoluției climatice pe termen extins

### 2.3.1. Predicția climatică prin metode deterministe; regionalizare

Acestea au în principal în vedere estimarea principalelor caracteristici ale sub-sistemelor și parametrilor climatici: climatul mediu; tendințe climatice; extreme climatice; probabilitati; apariția și caracterizarea sub-sistemelor climatice singulare (tipping-point) pentru perioade de timp viitoare. Dacă pentru termen scurt soluția predictivă (soluția matematică a sistemului de ecuații dinamico-fizice ale sistemului climatic) rămâne convergentă către soluția reală, cu condiția ca starea inițială să fie “reală” (erori de observații minime), pentru termen extins aceasta proprietate se pierde odată cu amplificarea (creșterea) erorilor de predicție în timp (îndeosebi în troposferă). Totuși, există sub-componente climatice care au evoluție lentă (surse lente de predicție) care odată corect inițializate ca amplitudine și fază devin conducători ai stării climatice generale către o soluție potențial viabilă pentru o perioadă limitată de timp. Acești conducători (driveri) ai evoluției climatice pe termen extins (varietăți lente) sunt oceanul, solul, gheața mării, criosfera și straturile superioare ale atmosferei cu dinamica lentă (acestea constituind “variabilitatea lentă internă, naturală”) dar și forțajul extrem (e.g. compoziția atmosferei, constituind “variabilitatea forțată extern”). Cercetări noi au reușit să demonstreze viabilitatea predicției extinse până la 10-30 ani după care forțajul extern devine driverul dominant al predicției (Figura 2.3.1), iar soluția nu mai depinde de condițiile inițiale (devine un scenariu climatic).

Din punct de vedere matematic, în funcție de intervalul temporal de estimat există în problema predicției/ scenariilor climatice două tipuri de probleme matematice asociate soluției climatice:

- o problemă mixtă: de condiții inițiale și la limită (Predicția Climatică);
- o problemă de condiții la limită (Estimări Climatice, în diferite scenarii de forțaj extern): Scenarii Climatice



**Figura 2.3.1.** Contribuția relativă a surselor de incertitudine în proiecții climatice pentru temperatura globală de suprafață (ts): raport: incertitudinea predicției/ schimbarea medie a ts proiectată în scenarii față de 1971-2000 (Hawkins & Sutton, 2009)

#### 2.3.1.1. Metode de analiză / re-analiză a datelor climatice pentru predicția / analiză climatică

Pentru predicție este foarte importantă starea inițială, cea care furnizează starea atmosferei în momentul de început al prognozei. Este crucial ca această stare inițială să fie extrem de precisă, deoarece diferențele extrem de mici în condițiile atmosferice se amplifică în timp foarte mult, conducând la stări climatice foarte diferite (traectorii climatice divergente) - sistemul dinamic este un sistem dinamic haotic. Determinarea stării inițiale (analiza / reanaliza) se face în următorii pași:

- i) colectarea și validarea datelor disponibile (observații de la stațiile meteorologice, date de satelit, date de aerosondaje, date de zbor, etc.);

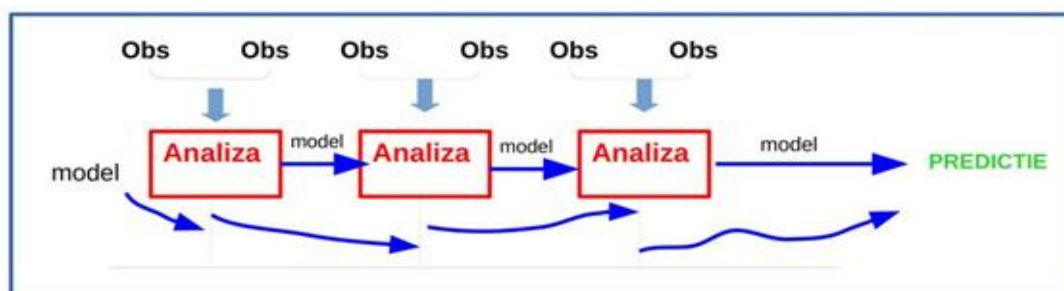


- ii) asimilarea acestor date - procesul de aducere a datelor într-o grilă regulată (existând zone fără date e.g., ocean, deșert, sol, nivele superioare ale atmosferei) dar simultan respectând timp legile fizicii care stabilesc inter-relatii între variabile și conservari ale unor cantități (masă, energie, ciclul apei, trasori, vorticitate potențială în anumite condiții, etc.). Acest proces implică tehnici matematice extrem de complexe, discutate pe scurt mai jos;
- iii) inițializarea propriu-zisă este procesul prin care starea asimilată este filtrată astfel încât să corespundă caracteristicilor simulării respective. Un exemplu clar îl reprezintă eliminarea undelor de gravitate cu frecvență mare (și păstrarea undelor Rossby) prin proiecția stării inițiale în varietate “lentă” (“slow manifold”) în spațiul fazelor; aceste unde se amplifică repede și instabilizează rapid simularea numerică.

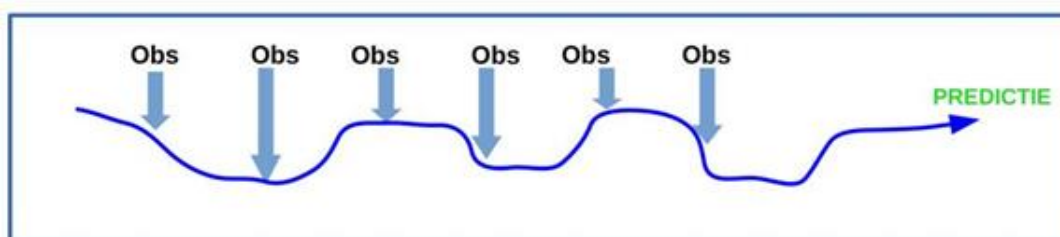
În procesul de asimilare (pașii: i) - iii)) sunt două abordări de bază:

- asimilarea secvențială (Figura 2.3.2, a), care are în vedere doar observația făcută în trecut până la momentul analizei: acesta este cazul sistemelor de asimilare în timp real și
- non-secvențiale (Figura 2.3.2, b) sau asimilare retrospectivă: în acest caz observația din viitor poate fi utilizată; metoda ce se aplică în sistemele de re-analiză.

O distincție se face și între metodele utilizate care sunt intermitente sau continue în timp. Într-o metodă intermitentă (Figura 2.3.2, a), observațiile sunt splitate și procesate în loturi mici, ceea ce este convenabil din punct de vedere al necesarului de calcul. Într-o metodă continuă (Figura 2.3.2, b), sunt considerate perioade mai lungi de date observate pe perioade mai lungi, astfel încât pot fi aplicate proceduri de netezire / filtrare a soluției și crește stabilitatea numerică a simulării.



b - Schema asimilării de date: secvențială, intermitentă



a - Schema asimilării de date secvențială, continuă

Figura 2.3.2. Metodele utilizate în prezent pentru asimilarea datelor observate (la stații meteorologice, date satelitare etc.) pentru inițializarea simulărilor de predicție (climatică și atmosferică): metoda de asimilare “secvențială-intermitentă” (a); metoda de asimilare “secvențială, continuă”(b).

Metodele de asimilare (pasul ii))<sup>2</sup> au cunoscut o evoluție mare în perioada 1990-2000 prin dezvoltarea de metode de re-analiză cu diferite grade de complexitate:

- metode clasice de interpolare; metode de interpolare optimală (OI);

<sup>2</sup> În România: predicția climatică în ANM se realizează utilizând modele climatice regionale, cuplate la prognoza de ansamblu elaborată de Centrele de prognoza globală: ECMWF-sistemul SYS5, centrul JMA (Japonia) și C3S (NCEP). Se realizează simulări predictive S2S (sub-sezon până la sezon) și extinse până la 6 luni de predicție.



- metode variaționale (1D var, 3D-var și 4D-var) în funcție de dimensiunea spațiului în care se realizează procesul de asimilare (e.g. 4D-var implică și dimensiunea temporală în procesul de asimilare);
- metode de tip Kalman-Filter (echivalente cu 4D-var ca dimensiune spațială) (Reichle et al., 2002).

Aceste metode de bază sunt implementate în opțiuni din ce în ce mai dezvoltate: de la algoritmi de minimizare, metode incrementale, la tehnici adjuncte, formulări duale 3Dvar/4D-var și metode Kalman-Filter extinse. Toate acestea implică atât dezvoltări matematice cât și algoritmi de calcul și software dedicat.

Notăm că aceste metode au fost utilizate cu succes atât timp cât modelarea și predicția climatică se făcea pentru fiecare sub-componentă separat (atmosfera, ocean). Problema majoră a fost, pentru sisteme cuplate (Figura 2.1.1), inconsistențele între sub-sisteme la momentul inițial: inițializarea cu variabile produse de sub-sisteme diferite crează inconsistente fizice ocean/gheață/land/atmosfera. Astfel în ultimii ani dezvoltările cele mai noi au pus accentul pe dezvoltarea de sisteme de analiză cuplată.

În prezent sisteme de analiză pentru atmosferă sunt rulate în multe centre climatice de prognoză (ECMWF, JMA, NCEP, DWD, UK, Franța, etc) pentru: atmosferă, ocean, land.

Sisteme cuplate au fost implementate cu succes în 2012 NCAR și astăzi se extind și alte centre.

### 2.3.1.2. Metode de inițializare a predicției

**Inițializarea și Predicția (pasul iii)** este pasul de filtrare a variabilelor meteorologice asimilate pentru a fi utilizate de model.

- Pentru predicția pe termen scurt inițializarea este foarte importantă în legătură cu abilitatea de a filtra dezechilibre de bilanț inițial care pot afecta stabilitatea modelului și au vizat, în mod cronologic metode de tip: metoda modurilor normale (câmpul inițial e proiectat în varietatea lentă a modelului pentru a elimina frecvențele înalte); metoda filtrelor digitale (utilizată în prezent în modelele operative în ANM - Aladin/ Alaro).
- Pentru inițializarea predicțiilor climatice (sub-sezon, sezon, multianuale, decadale), acestea pun două probleme specifice:
  - lucrul (deci și inițializarea) în spațiul anomaliilor ca alternativă (a inițializării câmpurilor totale: metod “Full field”, Figura 2.3.3). Această metodă prezintă avantajul eliminării driftului inițial (“șoc inițial”) al modelului către propriul spațiu al fazelor (aceste erori au impact covarsitor deoarece se pierde informație inițială crucială, cum ar fi de exemplu faza în care se află modul de variabilitate El-Nino - primul mod de variabilitate al temperaturii globale, ceea ce duce la posibila orientare a soluției către alt atractor climatic - deci erori de predicție);
  - inconsistența anomaliilor inițial determinate pentru fiecare sub-sistem climatic component, discutată mai sus.

### Inițializare: Anomalii

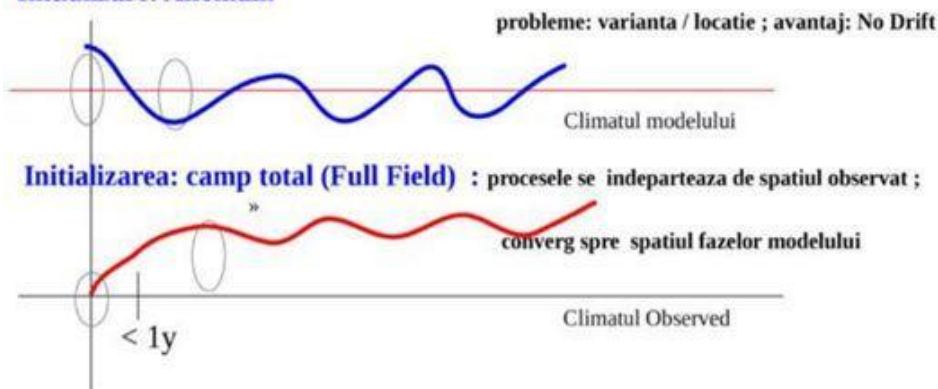


Figura 2.3.3. Inițializarea predicției climatice multi-anuale (multi-decenale): metode de inițializare.

### 2.3.1.3. Predicția climatică deterministă în România

#### Metode dezvoltate și utilizate în România

Pentru România predicția climatică în ANM se realizează utilizând modele climatice regionale (RegCMn4.5), cuplate la prognoza de ansamblu elaborată de Centrele de prognoză globală. Sunt implementate metode de regionalizare pentru:

- prognoza climatică sezonieră: a fost implementat și este operativ un lanț de predicție climatică regională sezonieră (6 luni) care rulează un ansamblu de modele cuplate: model global (sistemul SYS5 ECMWF) + model climatic regional: (modelul RegCMv4.5, Figura 2.3.4); procesări se efectuează și în cuplaj cu alte GCMs: modelul JMA (Japonia) și C3S (NCEP). Lanțul se rulează operativ, o data pe luna pentru prognoza pe 6 luni, și regionalizează prognoza globala pana la rezoluția de 10 km. Rezultatele au drept scop utilizarea in cercetare climatica.
- Scenarii climatice regionale: regionalizare dinamica la rezolutie fina RegCMv4.5 cuplat cu modelele CMIP5.

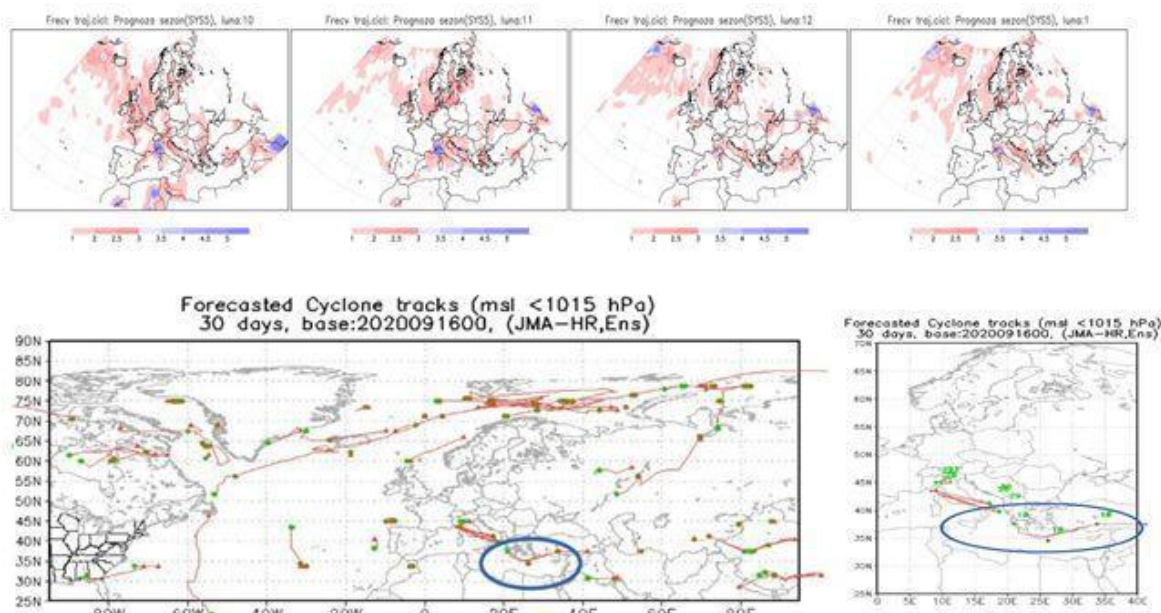


Figura 2.3.4. Exemplu de : Prognoza frecvenței traiectoriilor ciclonice pentru următoarele 4 luni (sus); prognozare regională a traiectoriei ciclonului Ianos (Sept. 2020, jos)

## 2.3.2. Predicția climatică ne-deterministă și regionalizare

### 2.3.2.1. Metode statistice

Proгноza fluctuațiilor meteorologice, inclusiv a celor extreme, pe termen scurt (cu anticipație până la maximum 10-14 zile) este una de speța I, după clasificarea lui Lorenz. Performanța predicției de speța I este afectată de erori în cunoașterea condițiilor inițiale, imperfecțiuni ale modelului predictiv folosit și de natura haotică/nelinară a proceselor din sistemul de analizat. Neliniaritatea intrinsecă a proceselor atmosferice face ca în cazul cunoașterii detaliate a condițiilor inițiale (ceea ce nu e cazul), erorile (chiar infinitezimale) să se amplifice în timp și să reducă semnificativ performanța prognozei, peste un anumit interval de anticipație (Bojariu et al., 2015).

Estimările prognostice cu intervale de anticipație mai mari de aproximativ două săptămâni valorifică un potențial existent în sistemul climatic, potențial configurat de procesele cu variație lentă ce se derulează la frontierele troposferei (comparativ cu cele pur troposferice, cu timpi caracteristici mult mai mici). Studiile de până acum (e.g., Lorenz, 1975) au sugerat că, dincolo de intervalul de anticipație de două săptămâni, există un maxim relativ al predictibilității potențiale la scările de timp sezoniere și anuale, iar la scările interdecenale și seculare, proiecțiile climatice oferă și ele un potențial de predictabilitate exploatabil (Bojariu et al., 2021).

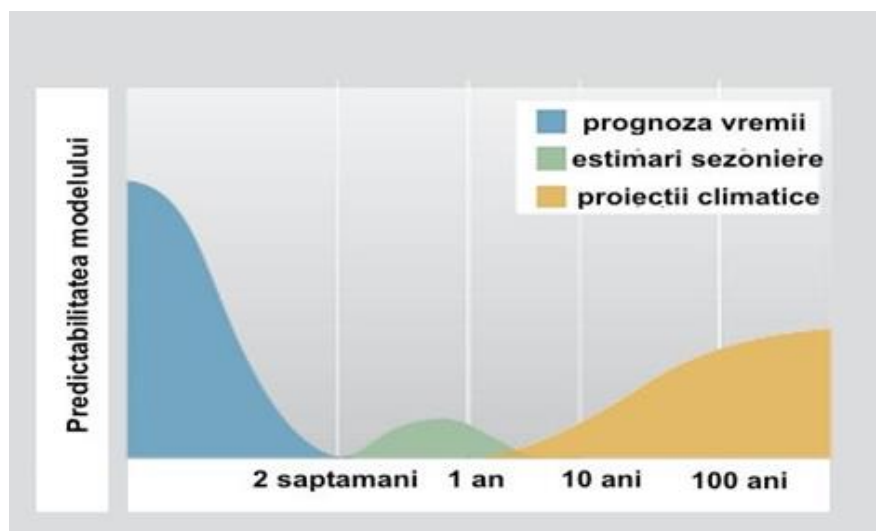


Figura 2.3.5. Reprezentarea schematică a scărilor de timp asociate predictibilității vremii și climatei. După Bojariu et al. 2015.

Astfel, predicția fluctuațiilor meteorologice în general și a celor extreme, în special, nu e teoretic posibilă, pe termen lung, sub forma anticipării succesiunii stricte a tuturor stărilor cvasistaționare prin care trece sistemul analizat, pornind de la condiții inițiale date, ci mai degrabă sub forma anticipării răspunsului de echilibru la modificările parametrilor externi. Cunoșcând aceste modificări, care sunt mult mai lente decât scara de timp a fluctuațiilor atmosferice, am putea anticipa tipul de stare de echilibru spre care tinde sistemul forțat extern și caracteristicile statistice ale fluctuațiilor meteorologice (inclusiv ale celor extreme) consistente cu acea stare de echilibru. Condițiile la suprafața oceanului (de exemplu anomaliile temperaturii apei) sunt considerate sursa principală de predictibilitate pentru intervalele extinse de prognoză. Alte surse de predictibilitate pentru intervalele sezoniere și anuale, în regiunea atlantico-europeană, discutate în literatura științifică actuală, sunt: extinderea banchizei arctice, umiditatea solului, extinderea și grosimea stratului de zăpadă pe continente, starea vortexului stratosferic (în sezonul rece). Abordările predictive folosesc tehnici statistice, deterministe și combinații ale celor două (Bojariu et al., 2015).

### 2.3.2.2. Metode analitice

Predicția climatică utilizează și metode analitice care au ca idee centrală diminuarea dimensiunii spațiului variabilelor de analizat, în același timp pastrând cea mai mare parte a informației climatice relevante, utile.

Acesată restrângere a dimensiunii se realizează prin metode clasice:

- metoda analogilor (împărțirea datelor climatice în clase disjuncte/ patternuri din care valoarea respectivă face parte dacă satisface condiția distanței maxime față de centrul clasei; distanța fiind definită de o anumită metrică a spațiului respectiv); aceste metode se folosesc în special în prognoza extinsă;
- metoda utilizării bazelor (ortogonale) ale spațiului variabilelor și reținerii doar a vectorilor proprii principali: metode de tip SVD, EOF; în acest caz cuplul (vector propriu; valoare proprie) se numesc moduri climatice și ele reprezintă cu succes o bună parte a variabilității atmosferei; utilitatea constă în faptul că se pot analiza ușor relațiile între diferite variabile / locații parțiale chiar îndepărtate (e.g. variabilitatea polară și cea de la tropice sau extratropicală, etc.,) numite “teleconexiuni” și chiar temporală (prin analiza seriilor decalate în timp “time-lag” (Busuioc et al., 2010; Carbuțaru & Burcea, 2015; (Caian et al., 2018)).
- metode recente de reducere a dimensiunii spațiului bazate pe machine Learning/ Inteligență Artificială (IA), prin care pe baza unui număr de seturi de date de “intrare” modelul captează principii ale conexiunii între variabile / locații/ momente de timp și este capabil să estimeze evoluția viitoare.

## 2.4. Metode de exploatare a informației climatice (actuale și viitoare)

### 2.4.1. Metode de identificare a diferențierilor regionale pe tipuri de riscuri climatice

#### 2.4.1.1. Valuri de căldură

În general, metodele de identificare a valurilor de căldură (frig) folosesc anomalii termice peste (sub) un prag definit, pentru o perioadă de mai multe zile consecutive. Pragul poate fi sub forma unei valori precizate de temperatură sau a unei temperaturi definite de percentile ale distribuției temperaturilor, pentru un loc sau regiune (Bojariu et al., 2021). Distribuția regională va fi diferită în aceste două situații: pentru praguri cu valori precizate ale temperaturii, configurațiile spațiale se proiectează pe cele ale valorilor medii multianuale, în timp ce pentru praguri definite de percentile, configurațiile spațiale identifică semnalele în funcție de amplitudinea locală a valului de căldură. Un exemplu din prima categorie este definiția valului de căldură inspirată din reglementările legislative (Monitorul Oficial 2000) care impun angajatorilor măsuri de protecție pentru limitarea stresului termic al angajaților. În acest context, valul de căldură este definit ca intervalul de minim 2 zile consecutive cu temperaturi maxime cel puțin egale sau mai mari decât 37°C sau cu indicele temperatura/umiditate (ITU) având valori egale sau peste 80 de unități. Cu această definiție, ce ia în calcul o valoare precizată (a temperaturii sau a ITU), Bojariu et al. (2015) au identificat pentru perioada 1961-2013, că regiuni cu tendințe mai pronunțate de creștere a numărului de zile cu valuri de căldură, sud-estul, sudul și vestul extracarpatic al României.

Un exemplu din a doua categorie metodologică de identificarea a valurilor de căldură este ilustrat în analiza realizată de (Croitoru et al., 2016) care au identificat tendințe de creștere ale unor indici caracteristici ai valurilor de căldură, în România, pentru perioada 1961-2015, folosind două definiții ale valului de căldură: cel puțin trei zile consecutive când temperatura maximă depășește percentila 90 și cel puțin trei zile consecutive când temperatura minimă depășește percentila 90. În acest context, Croitoru et al. (2016) au arătat că tendințele de creștere sunt mai puternice în cazul indicilor valurilor de căldură definiți pe baza temperaturii maxime, comparativ cu cei obținuți pe baza temperaturii minime, iar regiunile vestice și centrale ale României sunt cele mai expuse acestor tendințe. Alte exemple de folosire a metodologiei de identificare cu praguri definite de percentile sunt indicii ce pot cuantifica extreme termice sunt cei calculați conform procedurii recomandate de Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Astfel, Indicele de Durată a



unei Perioade Calde WSDI (Warm Spell Duration Index) este definit ca numărul de zile din an care fac parte dintr-un val de căldură; un val de căldură este definit în ETCCDI ca durata de șase sau mai multe zile consecutive în care temperatura maximă zilnică depășește percentila a 90-a a temperaturii maxime zilnice, în fereastra calendaristică de 5 zile, din perioada de referință.

#### 2.4.1.2. Valuri de frig / ger

Metodele de identificare a valurilor de frig sunt similare celor discutate în paragraful precedent, ce se referă la valurile de căldură. Astfel, exemple pentru identificarea valurilor de frig folosind praguri definite de percentile sunt indicele Duratei Reci CSDI (Cold Spell Duration Index), extras din ETCCDI și definit ca numărul anual sau sezonier de zile cu cel puțin 6 zile consecutive când temperatura minimă zilnică scade sub percentila a 10-a, în fereastra calendaristică de 5 zile, pentru o perioadă de bază. Alți indici ETCCDI ai extremelor termice ce definesc valuri de frig pe baza unor praguri cu temperaturi definite sunt: FD (frost days) ce exprimă numărul de zile de îngheț definit ca numărul de zile din an cu temperatura minimă sub 0°C și ID (icing days), definit ca numărul de zile din an cu temperatura maximă sub 0°C.

#### 2.4.1.3. Perioade cu precipitații abundente generatoare de inundații la scară locală și regională

Metodele de identificare a semnalelor în configurațiile indicilor derivați din cantitatea de precipitații sunt și ele bazate pe praguri folosind valori specificate ale sumei de precipitații și praguri folosind percentile ale distribuției valorilor sumelor de precipitații. Din prima categorie, exemplificăm din setul ETCCDI cu PRCPTOT, definit ca o cantitate anuală de precipitații din zilele în care s-a înregistrat minim 1 mm, R10MM, definit ca numărul anual de zile în care se înregistrează minim 10 mm de precipitații și R20MM, definit ca numărul anual de zile în care se înregistrează minim 20 mm de precipitații. Configurația regionalizată a acestor indici urmează distribuția valorilor medii multianuale, la fel ca în cazul semnalelor în configurațiile de temperatură definite de praguri specifice.

Din a doua categorie a metodologiei de identificare a semnalelor în câmpul de precipitații fac parte indicii definiți prin valori egale sau ce depășesc praguri definite de percentile ale distribuției precipitațiilor. În acest context, exemple de indici din ETCCDI sunt: R95PTOT, definit ca suma anuală a precipitațiilor căzute în zilele în care precipitația maximă zilnică depășește percentila de 95 a cantității zilnice de precipitații din perioada de referință (în cazul nostru, pentru perioada istorică 1901-2018 și pentru perioadele viitoare 2021-2030, 2031-2050 și 2071-2100) și R99PTOT suma anuală a precipitațiilor căzute în zilele în care precipitația maximă zilnică depășește percentila de 99 a cantității zilnice de precipitații din perioada de referință.

#### 2.4.1.4. Perioade cu viscol

Viscolul reprezintă transportul de zăpadă la înălțime (peste nivelul ochiului observatorului), însoțit de ninsoare. Viscolul puternic presupune ninsori abundente însoțite de valori ale vitezei medii a vântului mai mari sau egale cu 16 m/s (depășind tăria 4 pe scara Beaufort) și vizibilitate orizontală redusă (între 50 și 300 m) sau foarte redusă (sub 50 m). Acesta poate produce troienirea zăpezii pe porțiunile deschise de teren și poate împiedica desfășurarea normală a activității economice și sociale (Instrucțiuni Meteorologice, I, Efectuarea măsurărilor și observațiilor meteorologice, codificarea datelor meteorologice, 2017). Indicatorul relevant pentru cuantificarea fenomenului de viscol este numărul lunar de zile cu viscol.

#### 2.4.2. Identificarea nivelurilor de risc climatic în funcție de pragurile de intensitate ale acestora (moderată, puternică și extremă)

Riscul asociază probabilitatea de apariție a evenimentelor sau tendințelor periculoase (hazardul) cu impactul acestora (e.g. Bogdan & Niculescu, 1999; Bogdan, 2005). Exprimat matematic, riscul este



o funcție ce depinde atât de probabilitatea de apariție cât și de impactul hazardului analizat. Impactul, la rândul lui, rezultă din expunere și vulnerabilitate. Expunerea este definită ca totalitatea elementelor (oameni, proprietăți, sisteme de infrastructură) prezente în regiunile în care acționează hazardul analizat care pot suferi consecințe ale acestuia (pierderi). Vulnerabilitatea este definită ca un ansamblu de caracteristici care predispun comunitățile umane și sistemele de infrastructură la efectele dăunătoare ale hazardului analizat. Riscul rezultă din interacțiunea vulnerabilității, expunerii și hazardului (Bojariu et al., 2021). Etapele metodologice ale unei analize de risc sunt următoarele: (1) stabilirea contextului și identificarea riscului; (2) elaborarea scenariilor cu determinarea probabilității de apariție a unui anumit pericol; (3) evaluarea impactului acestui pericol specific asupra elementului selectat și supus riscului; (4) definirea nivelurilor de risc/clasificarea riscului (cantitativă sau calitativă); (5) cartografierea riscului prin suprapunerea (combinația și analiza) cartografierii pericolelor (hazardului) și a impactului; (6) evaluarea riscului în contextul planificării priorităților și a procedurilor de urmat pentru minimizarea consecințelor (impactului). O modalitate de a ierarhiza și reprezenta riscurile este matricea de risc. Matricea de risc reprezintă grafic scorurile probabilității de producere a hazardului și ale impactului asociat (Figura 2.4.1).

Hărțile de hazard, impact și cele de risc sunt într-un proces continuu de îmbunătățire atât prin utilizarea unor seturi actualizate de observații (reanalize, date satelitare și de impact) și rezultate ale modelelor, cât și prin trecerea de la abordarea calitativă la cea cantitativă, prin utilizarea în locul matricii de risc a curbelor de risc (Bojariu et al., 2021). Unitățile de masura în cazul impactului depind de evaluările specifice de risc.

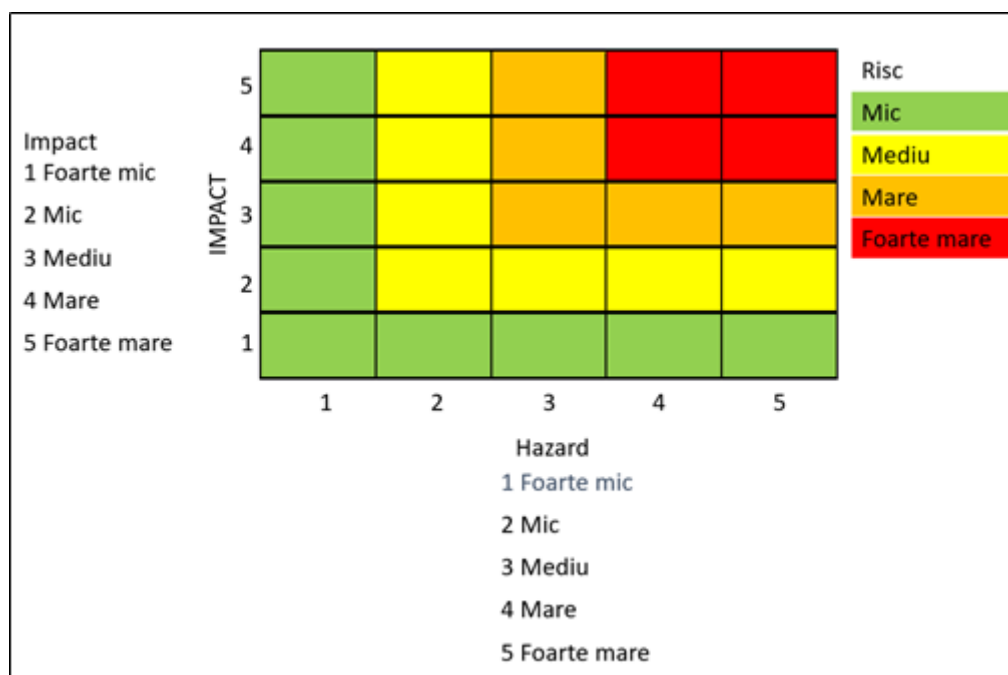


Figura 2.4.1. Reprezentarea matricii folosite în evaluarea calitativă a riscului, conform metodologiei dezvoltată în cadrul proiectului SEERISK<sup>3</sup>

### 3. Metode de analiză a diferențierilor teritoriale ale vulnerabilității pentru fiecare sector cheie analizat precum și a categoriilor de populație vulnerabile.

#### 3.1. Energie

Energia și schimbările climatice sunt în prezent strâns legate, dat fiind că producția de energie, în principal prin transformarea și arderea combustibililor fosili, și consumul de energie – în industrie, de către gospodării și în sectorul transporturilor, de exemplu – reprezintă 79 % din emisiile de gaze

<sup>3</sup> <http://www.seeriskproject.eu/>.

cu efect de seră din UE. În consecință, pentru combaterea schimbărilor climatice sunt esențiale acțiuni eficiente în domeniul producției de energie și al utilizării acesteia.

Transformarea fundamentală a sistemului energetic al Europei este strâns legată și de necesitatea de a menține, proteja și ameliora calitatea mediului, precum și de a promova utilizarea prudentă și rațională a resurselor naturale, în special prin promovarea eficienței energetice și a economiilor de energie și prin promovarea producerii energiei din noi surse regenerabile de energie.

La nivel european au fost deja întreprinse mai multe acțiuni coordonate care au legătură cu schimbările climatice. Astfel, în anul 2019, Uniunea Europeană și-a revizuit **cadru de politică energetică**, pentru a îndeplini angajamentele Acordului de la Paris pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Noul cadru de reglementare în domeniul energiei, „Energie curată pentru toți europenii” - (COM (2015) 80 final), a marcat un pas semnificativ către implementarea strategiei uniunii energetice. **Pachetul Energie curată pentru toți europenii** cuprinde mai multe documente, iar în cele ce urmează sunt prezentate câteva dintre cele care au determinat implementarea unor măsuri concrete privind schimbările climatice.

### Guvernanța uniunii energetice și a acțiunilor climatice

Uniunea Europeană și-a asumat un rol important în privința combaterii schimbărilor climatice, prin cele cinci dimensiuni principale ale uniunii energetice: securitate energetică, decarbonare, eficiență energetică, piața internă a energiei și cercetare, inovare și competitivitate.

Prin regulamentul privind guvernanța uniunii energetice și a acțiunilor climatice<sup>4</sup> a fost instituită obligația Statelor Membre de a notifica Comisiei un **Plan Național Integrat în domeniul Energiei și Schimbărilor Climatice (PNIESC)**. Primul plan vizează perioada 2021-2030, ținând seama de perspectiva pe termen mai lung (Figura 3.1.1).

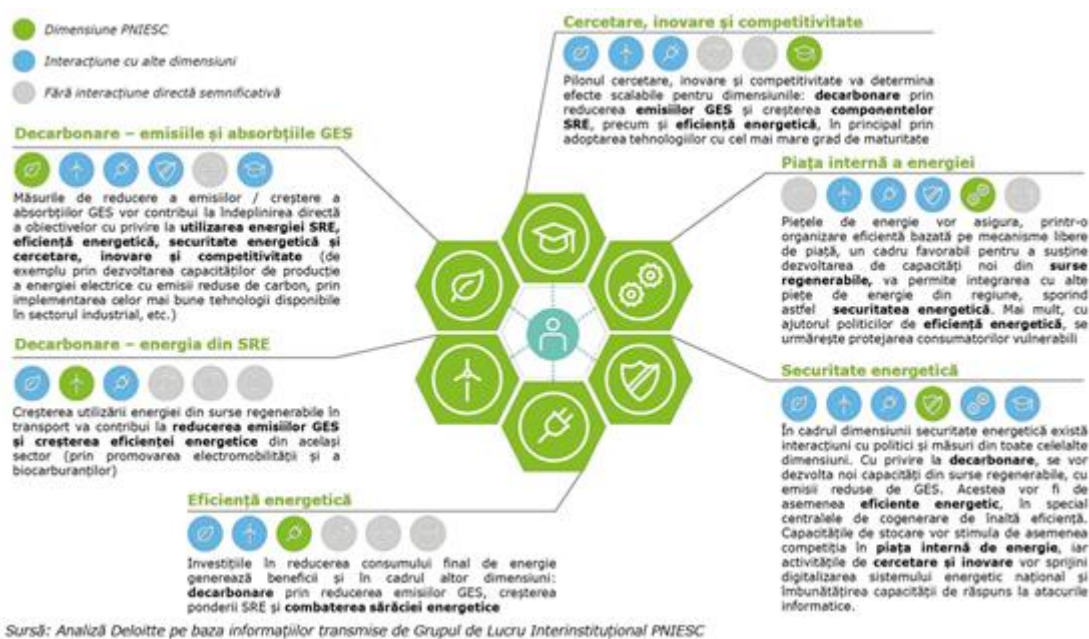


Figura 3.1.1. Prezentare generală a interacțiunilor între dimensiuni (sursa PNIESC RO)

### Asigurarea securității aprovizionării cu energie electrică

Regulamentul (UE) 2019/941 privind pregătirea pentru riscuri a stabilit măsurile necesare pentru asigurarea securității aprovizionării cu energie electrică, bunei funcționări a pieței interne de energie

<sup>4</sup> Regulamentul (UE) 2018/1999 privind guvernanța uniunii energetice și a acțiunilor climatice, de modificare a Regulamentelor (CE) nr. 663/2009 și (CE) nr. 715/2009 ale Parlamentului European și ale Consiliului, a Directivelor 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE și 2013/30/UE ale Parlamentului European și ale Consiliului, a Directivelor 2009/119/CE și (UE) 2015/652 ale Consiliului și de abrogare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013 al Parlamentului European și al Consiliului

electrică, unui nivel adecvat al interconectării statelor membre, unui nivel corespunzător al capacității de producție și, nu în final pentru asigurarea unui echilibru între cerere și ofertă. Aceste demersuri sunt necesare deoarece consecințele unor crize de energie electrică se fac resimțite de multe ori dincolo de granițele naționale. Efectele crizelor locale, datorate unor condiții meteorologice extreme cum ar fi valurile de frig, valurile de căldură – sau atacurilor cibernetice, pot afecta regiuni întregi în același timp. **Statele membre obligația de a elabora planuri de urgență pentru potențiale crize de energie electrică.**

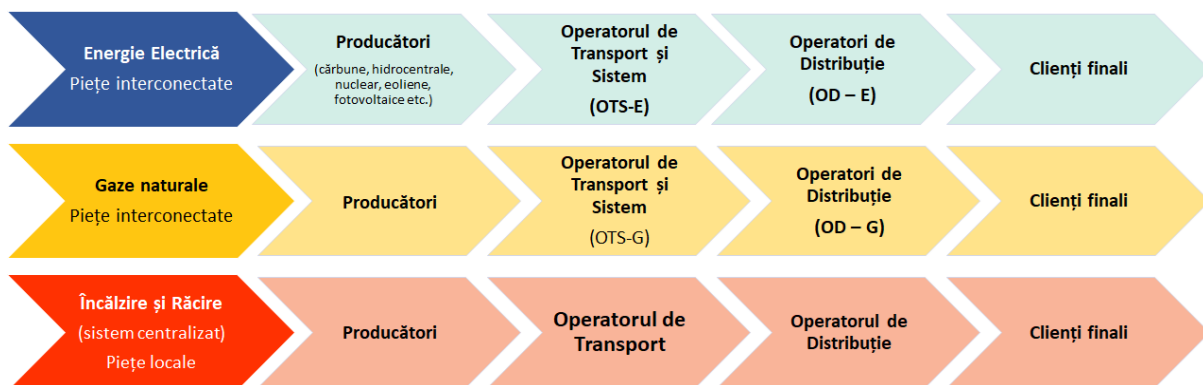
### Sectorul gazelor naturale

În ceea ce privește **sectorul gazelor naturale**, ca reacție la criza ruso-ucraineană a gazelor din iarna 2008-2009, Regulamentul (UE) 1938/2017 (Comisia Europeană, 2017) privind măsurile de garantare a securității aprovizionării cu gaze naturale a fost adoptat în 2010 și revizuit în 2017. Regulamentul urmărește consolidarea mecanismelor de prevenție și de reacție în situații de criză. În vederea garantării securității aprovizionării cu gaze naturale, a fost introdusă obligativitatea unei rezerve minime în înmagazinare.

### Planificare multi-sectorială

În documentul „Foaia de parcurs pentru o planificare multi sectorială” (*Roadmap for a multi-sectorial Planning Support*) (ENTSO-E, 2020)elaborat de ENTSO-E în anul 2020, se arată că diferitele scenarii care trebuie avute în vedere pentru a identifica opțiunile pentru decarbonizare, pot diferi în funcție de:

- Efortul de eficiență energetică
- Cotele diferitelor forme de energie în luate în considerare la utilizatorii finali (de ex. transport, încălzire etc.)
- Ponderea diferitelor tehnologii în mixul de producere (de ex. pentru electricitate: panouri fotovoltaice, centrale eoliene, nucleare etc.)
- Dezvoltarea flexibilității pe partea de producere și de consumul (în special pentru energie electrică)
- Importurile (sau chiar exporturile) de energie din (sau către) exteriorul Europei (de exemplu, hidrogen).



**Figura 3.1.2.** Lanțul activităților din sectorul energetic – schemă simplificată

„Pe verticală”, unitățile de producție descentralizate și clienții contribuie în mod activ la echilibrul general și la flexibilitatea sistemului — de exemplu, biometanul produs din deșeuri organice injectat în rețelele de gaz la nivel local sau serviciile „de la vehicule la rețea” (Figura 3.1.2).

„Pe orizontală”, au loc din ce în ce mai multe schimburi de energie între sectoarele consumatoare de energie — de exemplu, *consumatorii de energie care fac schimb de energie termică în sistemele de încălzire și răcire centralizată inteligentă* sau care alimentează sistemele cu energia electrică pe care o produc în mod individual sau ca parte a comunităților energetice (Figura 3.1.2).

## Strategie UE privind adaptarea la efectele schimbărilor climatice

La 24 februarie 2021, Comisia Europeană a publicat – Construirea unei Europe reziliente la schimbările climatice – Noua Strategie a UE privind adaptarea la schimbările climatice, care definește calea de urmat pentru a face față consecințelor inevitabile ale acestora. Strategia încurajează statele membre să continue progresele pentru a stimula capacitatea de adaptare, a consolida reziliența și a reduce vulnerabilitatea față de schimbările climatice. Principalele obiective ale Strategiei vizează: (i) îmbunătățirea nivelului de cunoaștere privind impactul schimbărilor climatice și managementul incertitudinilor; (ii) consolidarea măsurilor/acțiunilor de planificare și evaluare a riscurilor; (iii) accelerarea acțiunilor de adaptare la efectele schimbărilor climatice; (iv) creșterea rezilienței globale la efectele schimbărilor climatice.

Raportul Agenției Internaționale de Energie publicat în iulie 2021, „**Zero emisii până în 2050 - Foaie de parcurs pentru sectorul energetic global**” (“Net Zero by 2050”, 2021) precizează faptul că sectorul energetic este responsabil de aproximativ trei sferturi din emisiile de gaze cu efect de seră și are un rol cheie în obținerea neutralității climatice până în 2050. Pentru a putea identifica acțiunile necesare pentru atingerea acestui obiectiv, scenariile au avut în vedere faptul că în viitor este estimată o scădere a cererii globale de energie, cu aproximativ 8%, însă sectorul energetic va deservi o economie de peste două ori mai mare și o populație cu 2 miliarde de oameni mai mult decât în prezent.

Structura de producere va fi diferită: nu vor mai fi utilizați combustibili fosili – se vor utiliza surse de energie regenerabile, hidrogen și combustibili fosili. Electrificarea sectoarelor va schimba comportamentul de consum, în industrie, transport și clădiri. Pe tot lanțul de la producere la consum, eficiența energetică va fi fundamentul central al asigurării echilibrului dintre cerere și ofertă. Trebuie avut în vedere faptul că schimbările tehnologice se întâmplă într-un ritm rapid și este foarte probabil să fie necesară revizuirea periodică a acestor scenarii. Constantă printre toate aceste necunoscute, rămâne nevoia de a urmări impactul implementării măsurilor și proiectelor, astfel încât obiectivul NZE 2050 (net zero emisii în 2050) să fie atins.

Prognozarea condițiilor meteorologice pe termen scurt și mediu, are potențialul de a sprijini procesul decizional în sectorul energetic în mai multe modalități: la tranzacționarea energiei, la programarea lucrărilor de întreținerii și în gestionarea resurselor.

Prognozele pe termen mediu (variind de la prognoze sezoniere până la decenii) ocupă un punct intermediar între prognozele meteo pe termen scurt, al căror obiectiv este de a oferi un instantaneu al condițiilor atmosferice într-un anumit moment al timpului pentru câteva zile înainte și proiecția climatică, care are ca scop estimarea răspunsului la factori externi, cum ar fi, de exemplu, gazele cu efect.

În ultimul deceniu au fost realizate progrese evidente în realizarea prognozelor pe termen scurt și mediu, însă sunt căutate cele mai performante modele de prezicere a factorilor care determină variabilității climatice sezoniere și multianuale, precum și a impacturilor climatice locale relevante, relevante pentru sectorul energetic (de exemplu, temperaturile sezoniere și viteza vântului).

Pentru a fi eficiente, aceste prognoze trebuie să fie fiabile și să adauge valoare procesului decizional.

Suckling, 2018 arată că fezabilitatea predicțiilor pe perioade de timp mediu și lungi este dependentă de interacțiunile dintre componentele sistemului climatic care evoluează într-un ritm mai lent decât atmosfera, de exemplu oceanul și suprafața terestră. Abordările empirice, cât și utilizarea sistemelor inițiale de predicție dinamică au fost relativ reușite pentru prognozele sezoniere, ceea ce a dus la disponibilitatea unui număr de produse operaționale:

- Ansamblul multimodel din America de Nord (NMME)<sup>5</sup>;
- Sistemul de prognoză sezonieră multimodel EUROSIP<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>

<sup>6</sup> Nota: produsele din sistemul EUROSIP multi-model de prognoză sezonieră au fost întrerupte în octombrie 2019. Serviciul Copernicus privind schimbările climatice (C3S) are date sezoniere multimodel similare disponibile



Proiectul C3S Energy (mai 2018 - aprilie 2020), ca parte a Copernicus Climate Change Service (C3S), a dezvoltat un serviciu climatic operațional pentru sectorul energetic. Un aspect cheie al acestui proiect a fost consultarea și co-proiectarea serviciilor împreună cu industria energetică. A produs indicatori energetici pentru cererea de energie electrică, energia eoliană, energia solară și energia hidroelectrică pentru trei fluxuri: istorice (ultimii 40 de ani), prognoze sezoniere și proiecții (până la 2100).

Au fost produse și puse la dispoziție variabile climatice relevante corespunzătoare. Au fost, de asemenea, produse două studii de caz (prin interacțiune continuă cu părțile interesate) pentru a ilustra valoarea adăugată a variabilelor energetice și a produselor derivate pentru a minimiza costurile operaționale pentru industria energetică.

(Brayshaw 2018) prezintă cei trei pași necesari pentru a converti informațiile meteorologice într-o decizie acționabilă și anume: simularea meteorologică, evaluare impact și integrarea preferințelor utilizatorului. Aspectul cheie este identificarea unei funcții,  $f$ , care convertește un set de variabile meteorologice,  $\{m\}$ , în proprietatea (E) a sistemului energetic de interes:

$$E = f(\{m\})$$

Funcția de transfer poate fi derivată fie fizic, fie empiric, poate fi neliniară, multi-la-unu sau probabilistică. O formă complexă de analiză a impactului apare atunci când sunt luate în considerare mai multe influențe simultane ale meteorologiei asupra mai multor componente diferite ale unui sistem energetic.

Un exemplu este determinarea necesarului de energie electrică pe bază de combustibili fosili, atunci când se cunoaște prognoza de consum și prognoza de producție din surse regenerabile, acestea având o sensibilitate diferită la vreme – așa zisul model al „ordinii de merit”. Acest model este benefic atât pentru producători, cât și pentru operatorii de sistem, pentru gestionarea riscurilor – determinarea necesarului de energie pentru servicii de sistem, de exemplu.

Unitățile de producere, operatorii de transport (OTS) și operatorii de distribuție (OD) depind de prognozele exacte pentru intervale de timp scurte, care variază de la ore până la câteva săptămâni. Pentru realizarea lucrărilor de mentenanță, operatorii (producători, transportatori sau distribuitori) trebuie să planifice întreruperile de funcționare cu câteva luni înainte – de regulă realizează programele anuale. Evenimentele meteo pot face dificilă întreținerea liniilor electrice, a turbinelor eoliene și a altor infrastructuri. Dacă însă evenimentele meteo ar putea fi prevăzute, atunci operatorii ar putea planifica lucrările de întreținere în perioada acestor evenimente (de ex. furtuni cu fulgere și evenimente cu vânt puternic), iar siguranța lucrătorilor și eficiența întreținerii ar fi mult îmbunătățite.

Vremea are, de asemenea, impact asupra planificării zilei în avans a modului de funcționare a unităților pe termen scurt. Vremea afectează toate unitățile de producere a energiei electrice, însă cel mai mult determină funcționarea centralelor hidroelectrice (pe firul apei), eoliene și fotovoltaice și de aceea este foarte important ca prognozele să fie de înaltă calitate pentru energia eoliană, solară și hidro disponibilă pentru a doua zi sau, adesea, în următoarele câteva zile. Costul marginal pentru exploatarea acestor resurse regenerabile este foarte de redus și este avantajos din punct de vedere economic să utilizăm cât mai multă energie produsă din surse regenerabile.

Pentru operatorii de sistem este important să primească cele mai recente actualizări de schimbări de prognoză meteo. Rampele ascendente sau descendente ale energiei regenerabile trebuie să fie echilibrate cu unitățile de rezervă, pentru a putea echilibra în timp real cererea și oferta.

Părțile interesate au nevoie, de asemenea, de informații probabilistice pentru planificarea rezervelor, atenuarea congestiilor și o mai bună planificare a exploatarea surselor regenerabile. Sunt utilizate și diferite metode de postprocesare care ajută la eliminarea interferențelor, accentuează funcția densității probabilității și calibrați difuzia sau fiabilitatea prognozei.

Precizia prognozelor s-a îmbunătățit în mod constant, unele zone observând acum erori cu o singură cifră în ceea ce privește procentul de capacitate la un parc eolian (Orwig et al., 2015; Haupt, 2018). Aceste îmbunătățiri au rezultat din includerea observațiilor în imediata vecinătate a resursei, precum



și din metode mai bune de combinare a mai multor modele pentru intervalele de timp adecvate. Previțiunile privind energia solară nu s-au concentrat foarte mult timp, dar aici se întâmplă și îmbunătățiri rapide.

Așadar,

- sectorul energetic deține cheia pentru a aborda criza climatică;
- sistemul electric are o un rol relevant incontestabil, fiind esențial printre toate celelalte sisteme energetice, în dezvoltarea infrastructurii energetice în Europa pentru a ajunge la țintele climatice stabilite pentru 2050;
- infrastructurile energetice de transport energie electrică și gaze naturale fac parte din infrastructura critică națională a sectorului energetic<sup>7</sup>, fiind în același timp parte și din infrastructura critică europeană; autoritățile publice responsabile pentru sectorul energetic sunt Secretariatul General al Guvernului și Ministerul Energiei;
- există o coordonare europeană la nivelul reglementării în domeniul energiei (ACER); la nivel tehnic, structurile profesionale de cooperare (ENTSO-E și ENTSO-G) contribuie la asigurarea funcționalității și dezvoltării durabile a piețelor interne de energie:
  - utilizarea unei metodologii comune pentru **evaluarea adecvării resurselor la nivel european pe termen mediu și lung** (de la un an la 10 ani), în vederea asigurării faptului că deciziile statelor membre cu privire la eventualele necesități în materie de investiții sunt luate în mod transparent și de comun acord (conform Regulamentul (UE) 2019/943);
  - utilizarea unei **metodologii (comune) de identificare a scenariilor regionale de criză de energie electrică privind pregătirea pentru risc în sectorul energiei electrice** – aceasta a fost elaborată de ENTSO-E în conformitate cu articolul 5 din Regulamentul (UE) 2019/941;
- pe termen mediu și lung este luată în considerare *electrificarea* consumului final;
- are loc creșterea nivelului de interacțiuni dintre subsectoarele gazului și electricității care pledează pentru o **planificare coordonată a tuturor elementelor sectorului energetic**:
  - în anul 2020, ENTSO-E a elaborat documentul „*Foaie de parcurs pentru un sector multisectorial. Suport pentru planificare*”(ENTSO-E 2020), care prevede includerea în cadrul analizelor a unei varietăți de sectoare cu diferite utilizări finale ale energiei, inclusiv, dar fără a se limita la încălzire și răcire, transport, industrie și apă;
  - un sistem multisectorial coordonat, integrat pe termen lung, care trece de la un model centrat pe aprovizionarea cu combustibili fosili, la un model centrat pe consumator, curat, digitalizat și electrificat, cu multe resurse distribuite;
- este necesară creșterea performanței energetice pe tot lanțul activităților din subsectoarele energetice;
- trebuie avută în vedere asigurarea securității energetice în procesul de tranziție – eliminarea cărbunelui;
- analiza vulnerabilității sectorului energetic la schimbările climatice trebuie să aibă în vedere toate verigile și toate sub-sectoarele: energie electrică, gaze naturale și încălzire și răcire.

### Variabile statice și indicatori

În cadrul acestui proiect au fost identificați 14 indicatori climatici sectoriali, a căror analiză va pune la dispoziția factorilor de decizie din domeniul energie o informații privind evoluției acestora la nivel local, regional și național. Scopul este de a identifica, prioritiza și eșalona în timp măsurile de prevenire și atenuare a schimbărilor climatice.

---

<sup>7</sup> Infrastructură critică națională vizează orice element critic pentru statul român și populația acestuia în absența căruia s-ar putea naște o criză pentru populație de orice fel - energie, sănătate, aprovizionare cu alimente, economic.

Schimbările climatice pot determina apariția unor fenomene meteorologice extreme care reprezintă riscuri pentru sistemul energetic. Fenomenele meteorologice care au impact asupra sectorului energetic și care vor fi analizate sunt: seceta, valurile de frig, intensificări ale vântului și condiții meteorologice specifice de iarnă: depuneri de zăpadă, gheață, chiciură, polei.

Metodologia de analiză are în vedere:

- identificarea riscurilor la consumatorul final, pe două componente:
  - acces la energie;
  - accesibilitatea prețului;
- identificarea riscurilor de indisponibilitate a rețelei:
  - accesul producătorilor la rețea;
  - accesul consumatorilor la energie.

În Tabel 3.1.1 sunt prezentați indicatorii climatici selectați pentru evaluarea vulnerabilității în sectorul energetic.

Tabel 3.1.1. Indicatorii climatici selectați pentru evaluarea vulnerabilității în sectorul energetic

Fenomene climatice care pot afecta sectorul energetic	Descriere	Unitate de măsură	Acronim
Secetă 1	Indicele Standardizat de Precipitații-Evapotranspirație este un indice climatic compozit, destinat identificării perioadelor cu deficit/excedent pluviometric (secetă/inundații) în diferite ferestre temporale care pot varia de la o lună la mai multe luni consecutive (ex. 3, 6, 9, 12, 24), care integrează efectul cumulat al precipitațiilor și temperaturii, prin intermediul evapotranspirației potențiale		SPEI
Secetă 2	Număr de zile cu temperatura mai mare de 22°C	Număr zile	S22
Secetă 3	Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura depășește 30°C	Număr intervale	S30
Secetă 4	Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura depășește 35°C	Număr intervale	S35
Ger 1	Număr de zile cu temperatura mai mică de 15.5°C	Număr zile	G1
Ger 2	Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura scade sub -15oC	Număr zile	G2
Ger 3	Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura scade sub -20°C	Număr zile	G3
Ger 4	Debut sezon termoficare: 3 zile consecutive cu media temperaturii mai mică de 10°C, înregistrate în lunile octombrie sau noiembrie	Data iuliană	G4
Ger 5	Sfârșit sezon termoficare: 3 zile consecutive cu media temperaturii mai mare de 10oC, înregistrate în lunile martie sau aprilie	Data iuliană	G5
Ger 6	Durata sezonului de termoficare: intervalul cuprins între G4 și G5	Număr de zile	G6
Vânt 1	Număr de zile cu viscol	Număr	V1

		de zile	
Vânt 2	Număr de zile cu vijelie – viteze vântului la rafală depășește 12 m/s, iar direcția și viteza se schimbă rapid	Număr de zile	V2
Chiciură	Număr de zile în care este favorizată formarea chiciurei	Număr de zile	Ch
Grindină	Număr de zile în care este favorizată formarea grindinei	Număr de zile	Gr

Metodele de calcul pentru indicatorii climatici pe baza scenariilor climatice, corespunzător sectorului energetic, sunt prezentate în **Anexa 1** a raportului.

### 3.2. Transporturi

Rețelele, nodurile și echipamentele de transport (drumurile principale, căile ferate, căile navigabile, terminalele, porturile etc.) sunt esențiale pentru deplasarea sigură, eficientă și fiabilă a persoanelor către destinațiile lor și a bunurilor de la producător către piața de desfacere. Transportul joacă un rol semnificativ în sprijinirea economiilor la toate nivelele considerate: locale, naționale și regionale. Perturbările pe termen mediu și mai lung ale rețele și noduri din infrastructura de transport pot duce la efecte economice și sociale cu impact profund negativ (și a căror atenuare/eliminare implică costuri economice imense).

Evenimentele meteorologice extreme, dintre care unele cresc în intensitate și frecvență, precum și schimbările climatice cu debut mai lent (de exemplu, creșterea nivelului mării) și efectele cumulate pot duce la deteriorarea infrastructurii de transport, întreruperi operaționale și presiuni asupra capacității și eficienței lanțului de aprovizionare. În condițiile contemporane legate de schimbările climatice, la nivel național și internațional s-au constituit grupuri de experți care au desfășurat cercetări și analize privind impactul schimbărilor climatice și adaptarea sistemelor de transport la riscurile derivate din acestea. În acest sens se poate da ca și exemplu activitatea și realizările grupului de experți al Comisiei Națiunilor Unite pentru Europa (CEE), grup de specialiști care a analizat impactul schimbărilor climatice asupra principalelor sisteme de transport din Europa (UNECE 2020). Grupul de experți au analizat o serie de acțiuni, măsuri și bune practici existente în diferite țări elaborate în ceea ce privește adaptarea sectorului transportului la condițiile schimbărilor climatice contemporane. Pe baza acestor studii în cadrul raportului privind categoriile de produse și servicii climatice necesare pentru elaborarea planurilor de acțiune privind adaptarea la schimbările climatice, s-au emis, o serie de recomandări privind acțiunile viitoare la nivel național și internațional în vederea îmbunătățirii rezilienței climatice a sistemului de transport.

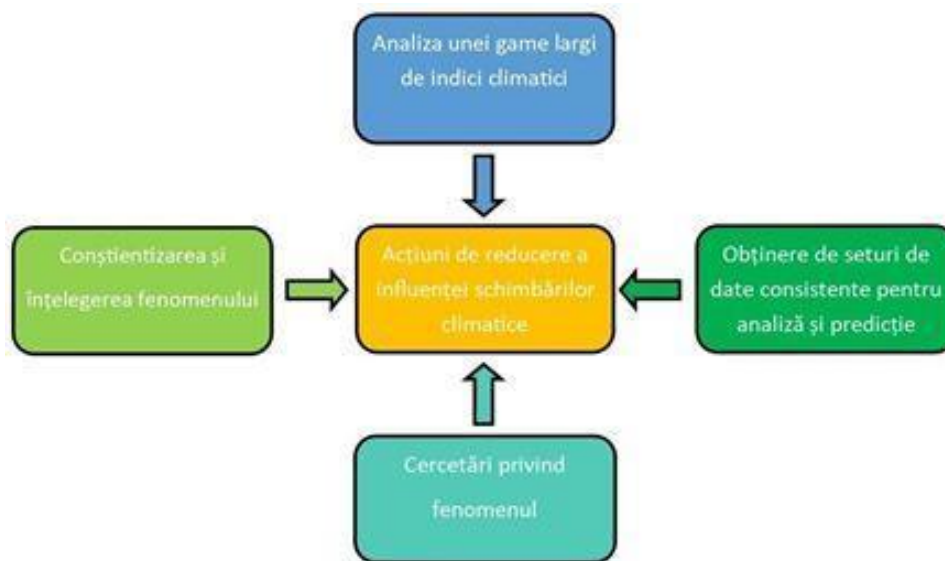
Direcțiile generale recomandate (concluziile raportului) s-au referit în special la:

- crearea conștientizării și înțelegerii cu privire la necesitatea urgentă de a înțelege și a evalua impactul schimbărilor climatice asupra sistemelor, infrastructurii și operațiunilor de transport și identificarea/aplicarea măsurilor necesare de adaptare;
- obținerea unor seturi de date consistente pentru proiecția climei pentru întreaga regiune ECE;
- analizarea unei game mai largi de indici climatici, astfel încât cunoștințele actuale cu privire la impactul unei schimbări climatice și la evenimentele extreme asupra domeniului transportului să poată fi consolidate și puse la dispoziția țărilor printr-un sistem de informații geografice ECE;
- desfășurarea de proiecte care urmăresc să înțeleagă pe deplin vulnerabilitățile la schimbările climatice și condițiile meteorologice extreme din sistemele de transport la nivel național și sprijinirea creării unei baze de cunoștințe/date pentru a face disponibile și accesibile experiențele, rezultatele și bunele practici din domeniu tuturor celor interesați.

### 3.2.1. Metode și modele de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice la nivel internațional

Pentru definirea și stabilirea metodelor de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice (incluzând evenimentele meteorologice extreme) asupra sectoarelor transportului din România, în continuare se vor prezenta studii de caz la nivelul unor țări europene care prezintă abordări, practici, metodologii și instrumente dezvoltate și aplicate de acestea pentru analiza impactului actual și viitor al schimbărilor climatice asupra sistemelor de transport și / sau pentru identificarea opțiunilor de adaptare a sectorului de transport (pe ramurile afectate), (Figura 3.2.1)

Prin analiza acestor bune practici și politici aplicate în problematica evaluării, predicției și acțiunilor împotriva efectelor (riscurilor) cauzate de schimbările climatice se vor alege instrumentele care vor permite elaborarea particulară a metodelor de evaluare și predicție a impactului potențial (a riscurilor asociate) al variabilității climatice asupra sectorului/domeniului de transport din România. Pentru a întreprinde adaptarea la schimbările climatice în Germania într-un cadru politic, guvernul federal a adoptat încă din anul 2008, Strategia germană de adaptare la schimbările climatice (DAS) (German Federal Government, 2008). DAS urmărește reducerea vulnerabilității la impactul schimbărilor climatice și menținerea sau îmbunătățirea adaptabilității sistemelor naturale, sociale și economice. Această strategie ia în considerare atât impactul schimbărilor climatice, cât și consecințele intensificărilor (frecvență și magnitudine) evenimentelor meteorologice extreme. Strategia DAS prezintă posibilele consecințe ale schimbărilor climatice în diferite domenii de acțiune (Buth et al., 2017) și sugerează potențiale direcții de acțiune (Plan de acțiune de adaptare - APA), pentru a face Germania pregătită și mai rezistentă la impactul schimbărilor climatice.



**Figura 3.2.1.** Direcții generale privind acțiunile viitoare la nivel național și internațional în vederea îmbunătățirii rezilienței climatice a sistemului de transport

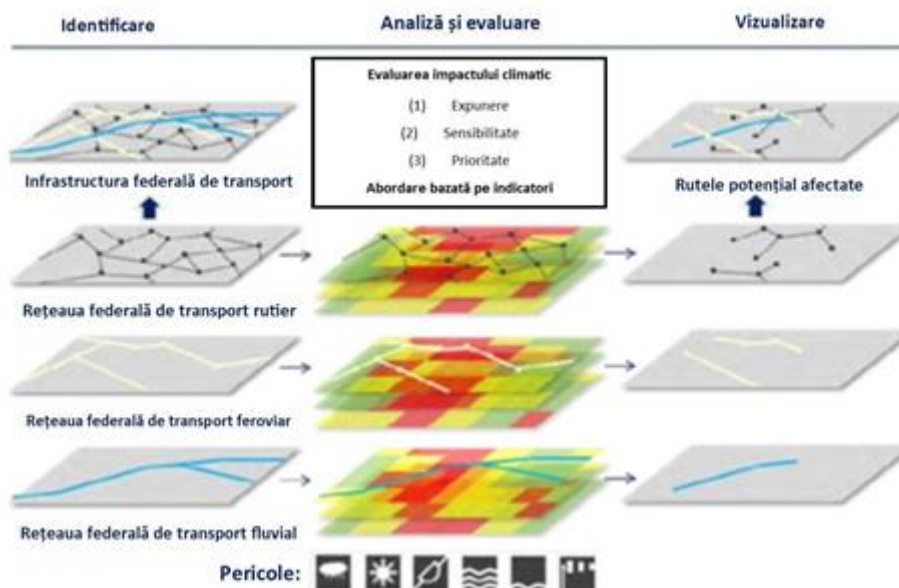
Rezultatele utilizate pentru analiză se utilizează următorul cadru de evaluare:

- perioade de analiză (perioada de bază: 1971–2000, și predicțiile viitoare: 2031–2060 și 2071–2100);
- scenarii de bază (scenarii de tip RCP; scenarii de trafic în conformitate cu planificarea dezvoltării infrastructurii federale de transport cu o referință (2010) și o țintă (2030)),
- seturi de date de referință;
- ansambluri de proiecții climatice.

Acest cadru comun de evaluare constituie o bază importantă pentru evaluările impactului asupra climei iar metodologia de evaluare a impactului este conformă cu evaluările impactului climatic și



ale vulnerabilității descrise de studii științifice (Buth et al., 2017), care sunt luate în considerare și de strategia germană de adaptare DAS. Metodologia evaluării impactului (Figura 3.2.2) cuprind o analiză de sensibilitate care vizează identificarea secțiunilor de infrastructură (rețea și noduri) expuse la impacturile climatice și o analiză de sensibilitate care identifică secțiunile de infrastructură sensibile în mod specific la impacturile climatice. Impacturile climatice relevante sunt evaluate prin analiza vulnerabilității secțiunilor de infrastructură afectate, care evaluează cât de critice sunt secțiunile de rețea în cadrul întregului sistem de transport.



**Figura 3.2.2.** Metodologia evaluării impactului climatic în cadrul sistemului de transport german (BMVI) (Side et al. 2011)

În 2011, Franța a publicat primul său Plan național de adaptare la schimbările climatice (PNACC) (Ministère de La Transition Écologique 2011), care prezintă setul de măsuri și intervenții planificate în 20 de domenii economice diferite pe o perioadă de cinci ani. Pentru a asigura continuitatea și securitatea transportului de pasageri și de mărfuri, planul național a identificat patru măsuri de adaptare pentru a evalua impactul schimbărilor climatice, a preveni vulnerabilitățile în sistemele de transport și a îmbunătăți rezistența infrastructurii:

- măsura nr. 1: revizuirea și adaptarea standardelor tehnice pentru construcția, întreținerea și exploatarea rețelelor de transport (infrastructură și echipamente) în Franța metropolitană și în teritoriile franceze de peste mări;
- măsura nr. 2: analiza impactul schimbărilor climatice asupra procesului de transport și determinarea efectelor posibile pe care acestea le poate avea asupra procesului de transport;
- măsura nr. 3: dezvoltarea unei metodologii armonizate pentru a evalua vulnerabilitatea infrastructurilor și sistemelor de transport terestru, maritim și aerian;
- măsura nr. 4: evaluarea vulnerabilității rețelelor de transport terestru, maritim și aerian din Franța metropolitană și în teritoriile franceze de peste mări și pregătirea de strategii adecvate pentru a răspunde progresiv la problemele globale și regionale ridicate de schimbările climatice.

Continuarea preocupărilor legate de schimbările climatice a dus la publicarea în Franța a celui de-al doilea plan PNACC (2018-2022) (Ministère de La Transition Écologique 2019), cu obiectivul de a proteja populația împotriva fenomenelor meteorologice extreme și de a dezvolta sectoarele economice vulnerabile (agricultură, industrie, turism și transporturi) în conformitate cu noile provocări climatice. Spre deosebire de primul plan PNACC, care a fost structurat pe baza

sectoarelor economice, acesta adoptă o abordare tematică a acțiunilor viitoare ce conține și măsuri privind transportul prin:

- continuarea adaptării standardelor tehnice pentru operarea, întreținerea și construcția infrastructurii și echipamentelor sistemelor de transport;
- continuarea analizei riscurilor și îmbunătățirea metodologiei utilizate, pe baza lecțiilor învățate, precum și încurajarea responsabililor din domeniul transportului să efectueze în mod independent studii de vulnerabilitate;
- crearea și utilizarea unei rețele de puncte de contact și experți;
- realizarea previziunilor a efectelor schimbărilor climatice pe principalele rute de transport comerciale naționale și globale;
- analizarea consecințelor socio-economice a restricțiilor voluntare de transport și circulație în perioade de criză.

### 3.2.2. Metode și modele de evaluare și predicție la nivel național

În 2016, România a pus în aplicare o strategie de dezvoltare viitoare a sectorului transportului prin realizarea unui Master Plan General de Transport (MPGT). Această strategie prevede investiții majore în sectorul transporturilor până în 2030, iar planificarea și clasificarea investițiilor incluse în MPGT se referă, de asemenea, la componentele schimbărilor climatice, atât în domeniile de atenuare a efectelor schimbărilor climatice prezente, cât și de adaptare în viitor a sectorului transportului.

Unul din instrumentele dezvoltate în acest scop este și proiectul "Early Warning Intelligent System for Road Transportation Risks - 2015-RO-TM-0435-W" (EWISRTR), un proiect finanțat de Uniunea Europeană și implementat în România pentru utilizarea din punct de vedere al transportului a unui sistem inteligent de avertizare timpurie pentru riscurile transportului rutier din punct de vedere a fenomenelor meteorologice extreme (Figura 3.2.3).

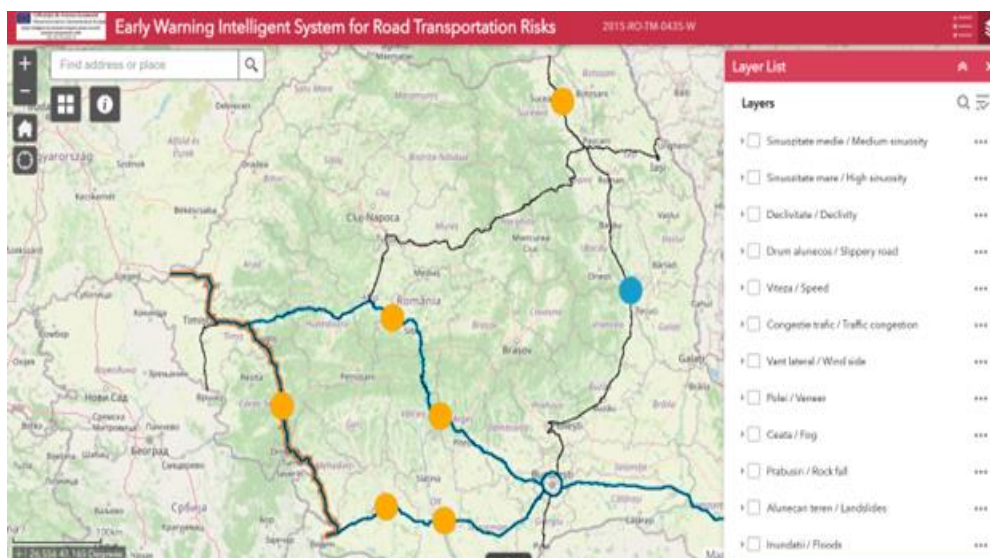
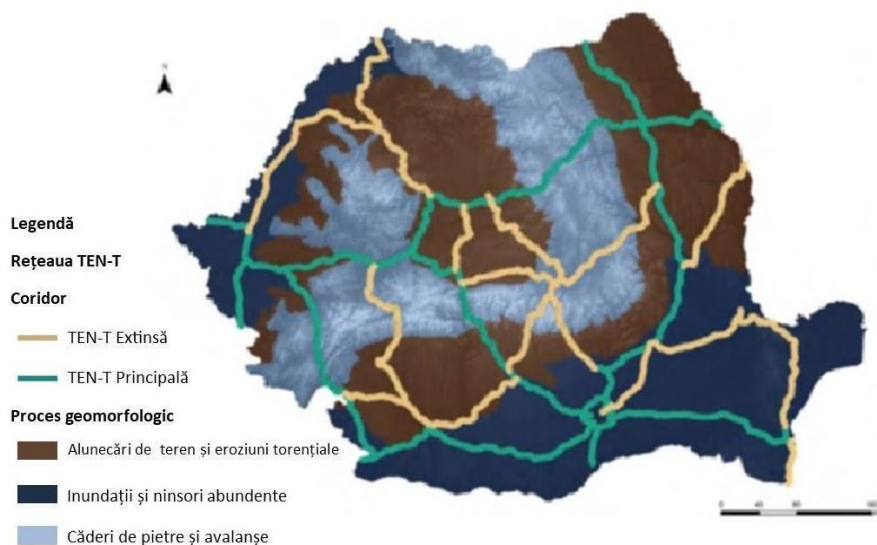


Figura 3.2.3. Pagina web a sistemului de avertizare timpurie asupra fenomenelor meteorologice extreme din România în transporturile rutiere (Dobre et al., 2018)

Riscurile la care rețeaua de transport TEN-T a României este supusă, sunt la modul general considerate ca fiind cele legate pericolele naturale: alunecări de teren, eroziune torențială, căderi de roci, avalanșe, inundații și căderi de zăpadă abundente. Aceste pericole naturale datorate fenomenelor meteorologice extreme, duc la numeroase accidente rutiere care cauzează pierderi de vieți omenești și pierderi materiale în fiecare an (Figura 3.2.4). Odată cu schimbarea climatului, se așteaptă ca intensitatea și magnitudinea acestor pericole să crească.

Pentru a minimiza efectele acestor pericole, proiectul EWISRTR a fost dezvoltat în scopul de:

- a identifica și descrie pericolele și riscul apariției acestora care pot afecta transportul rutier;
- a furniza utilizatorilor drumurilor servicii de informare în timp real legate de condițiile de trafic și siguranță, prin accesul la aplicații web și mobile;
- a informa toate grupurile de părți interesate despre disponibilitatea acestor servicii.



**Figura 3.2.4.** Riscuri geomorfologice și meteorologice în România raportate la rețeaua de transport TEN-T (după UNECE, 2020)

Din punct de vedere al metodologiei alese și utilizate, pentru a identifica toate pericolele de pe drumurile rutiere evaluate, au fost luate în considerare un total de 48 de categorii de evenimente sau condiții periculoase. Printre acestea s-au numărat riscurile meteorologice, riscurile hidrologice, riscurile geomorfologice (generate de morfologia / caracteristicile drumului sau generate de starea drumului sau caracteristicile traficului). Pentru 22 dintre categoriile de evenimente sau condiții considerate ca factori de risc, informațiile necesare au fost colectate de la instituțiile partenere din cadrul proiectului. Pentru celelalte categorii de date, datele necesare au fost colectate prin muncă de teren.

La modul primar, au fost luate în considerare două tipuri de date privind transportul rutier: date statice și dinamice despre drumuri.

**Datele statice (neschimbate după înregistrare):** au fost colectate de pe teren și integrate într-o bază de date, bază de date care poate fi accesată printr-o hartă interactivă GIS. Peste 5000 km de drumuri și autostrăzi au fost cartografiate în detaliu pe teren și au fost transpuse în mediul GIS. Astfel s-a raportat că peste 5500 de caracteristici de drum și de mediu relevante pentru activitățile proiectului au fost cartografiate și transpuse în GIS. De asemenea prin analizele efectuate au fost identificate, considerate și analizate 10 zone critice de drum.

**Datele dinamice (actualizate în mod periodic):** au fost obținute de la trei instituții care, în conformitate cu acordurile stabilite, vor continua să furnizeze datele necesare:

- Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere (CNAIR) - drumuri închise sau blocate, secțiuni de drum aflate în construcție și congestia traficului;
- Administrația Națională de Meteorologie (ANM) - condiții meteorologice din rețeaua rutieră și avertismente meteo;
- Inspectoratul General pentru Situații de Urgență (IGSU) - accidente majore și alte riscuri asociate (incendiu, inundații, procese geologice).

După cum s-a precizat anterior, atât datele statice, cât și cele dinamice au fost integrate în baza de date geografică GIS (compatibilă cu alte baze de date ale rețelei europene TEN-T Core). Accesul la informațiile oferite de rezultatul acestui proiect este facil, realizându-se prin orice echipament digital, mobil sau fix conectat la internet și oferă în timp real informații de rețeaua rutieră



considerată: sinuozitate, declivitate, drumuri alunecoase, viteză, congestionare a traficului, puterea vântului, zone de ceață, căderi de rocă, alunecări de teren, inundații, zone critice etc. (Figura 3.2.5).



Figura 3.2.5. Exemplu privind congestia traficului rutier și zone critice considerate prin factorii de risc analizați accesibil în timp real

Finalizarea proiectului a constituit crearea primei geo-baze de date GIS din România care conține informații despre pericolele de transport, dar trebuie totuși precizat că acest proiect (și rezultatele obținute) oferă părților interesate doar monitorizarea factorilor de risc (aleși/considerați) în timp real, pentru a permite intervenția în cazul unor evenimente majore (grave) ce duc la perturbarea procesului de transport rutier. Nu există previziuni asupra riscurilor cauzate de schimbările climatice legate de:

- alte sisteme de transport în afara celui rutier;
- alte sectoare, rețele și noduri de transport în afara magistralei rutiere TEN-T;
- predicția evoluțiilor climatice (a modificărilor factorilor climatici de risc) în contextul schimbărilor climatice așteptate.

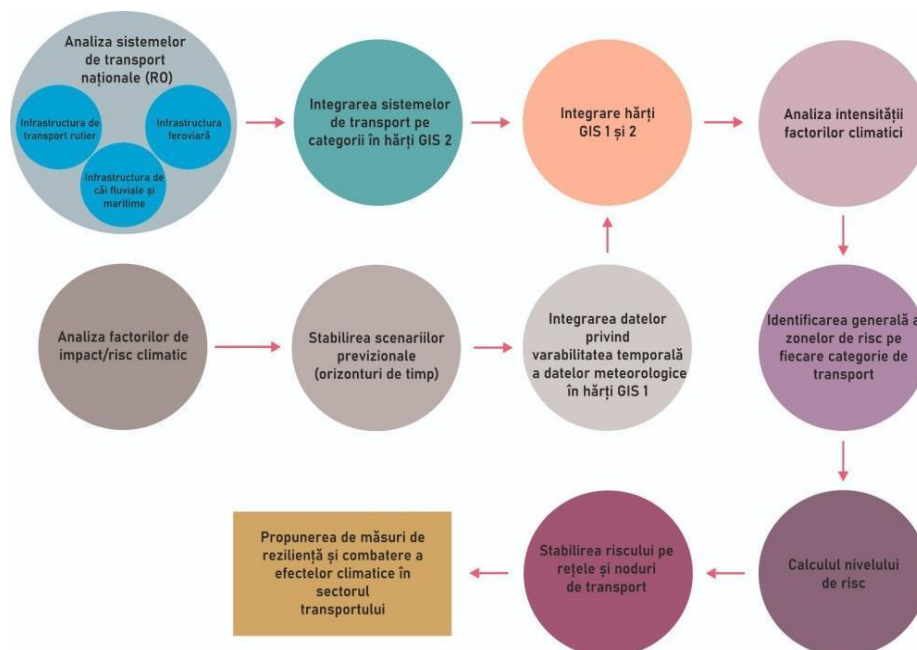
### 3.2.3. Metodologia de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice a factorilor climatici asupra infrastructurii de transport

Pentru alegerea metodologiei de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice (incluzând evenimentele meteorologice extreme) asupra sectorului transportului, se poate afirma ca din punct de vedere geografic România se situează aproximativ la aceeași latitudine geografică cu Germania și Franța, premise ce oferă (în mod limitativ totuși) existența unor similarități în ceea ce privește fenomenele meteorologice (tip, intensitate, variație).

Cele două țări europene efectuează studii privind impactul schimbărilor climatice încă din anii 2000, cu aplicarea rezultatelor obținute în programele naționale de dezvoltare și reziliență a sistemului integrat de transport la nivel național. Pe aceste baze, metodologia care va fi utilizată în analiza impactului schimbărilor climatice asupra sistemelor de transport pentru cazul României se bazează pe o fuziune a bunelor practici prezentate anterior, metodologie a cărei algoritm este prezentat în Figura 3.2.6.

Metodele de calcul pentru indicatorii climatici pe baza scenariilor climatice, corespunzător sectorului transporturi, sunt prezentate în Anexa 1 a raportului.





**Figura 3.2.6.** Metodologia adoptată pentru evaluarea și predicției impactului potențial al variabilității climatice asupra sectorului transportului

### 3.3. Managementul resurselor de apă

Încălzirea globală cauzată de accentuarea efectului de seră poate determina schimbări esențiale în timp și spațiu ale climei și implicit ale regimului hidrologic și resurselor de apă. Conform ultimelor rapoarte ale Agenției Europene de Mediu, extremele climatice din ultimii ani au avut un impact negativ la nivelul întregului continent. La nivelul Europei, în următoarele decenii se așteaptă o creștere a vulnerabilității la efectele schimbărilor climatice, dar proiecțiile climatice au încă un grad ridicat de incertitudine.

La nivelul bazinului Dunării, sub coordonarea Comisiei Internaționale pentru Protecția fluviului Dunărea (ICPDR), s-a elaborat în 2012 Strategia de Adaptare la Schimbările Climatice pentru Districtul Hidrografic al Dunării care are în vedere legătura între Directiva Cadru Apă și Directiva Inundații. Strategia ICPDR privind adaptarea la schimbările climatice a fost revizuită în anul 2018, luând în considerare noile rezultate științifice și pașii spre implementare realizați de către Țările Dunărene.

În concordanță cu tendințele globale și europene, Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor a elaborat *Strategia Națională a României privind schimbările climatice 2013-2020*, aprobată prin Hotărârea Guvernului nr. 529/2013 care conține în capitolul *Adaptarea la Schimbări Climatice* și tematica *Evaluarea impactului schimbărilor climatice în sectorul resurselor de apă pe baza actualizării periodice a scenariilor de evoluție a climei în România*, pe lângă acest document strategic având o importanță deosebit de importantă și conținutul cadru al *Strategiei Naționale privind schimbările climatice și creșterea economică bazată pe emisii reduse de carbon pentru perioada 2016-2020*, aprobată prin Hotărârea Guvernului nr. 739/2016.

În cadrul unor proiecte internaționale s-au generat o serie de scenarii climatice pentru România folosind diferite modele climatice specifice. Utilizarea rezultatelor acestor modele privind modificările parametrilor climatici au permis estimarea impactului potențial al schimbărilor climatice, pentru diferite bazine hidrografice de pe teritoriul României, referitoare la modificarea regimului hidrologic al râurilor.

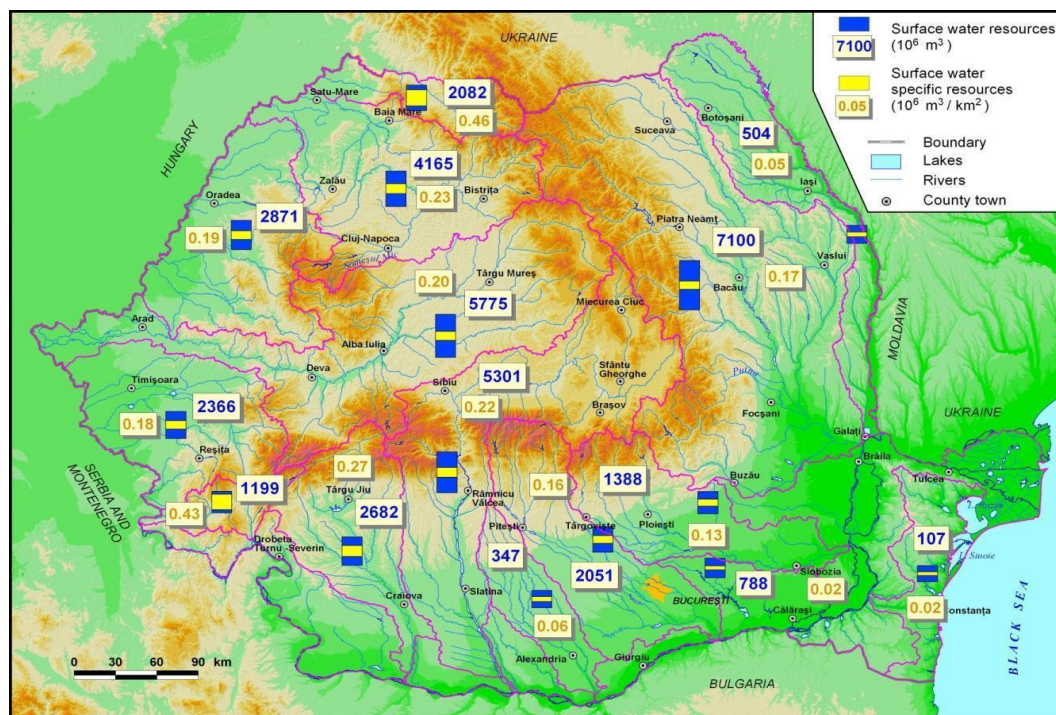
Deși în ultimii ani resursele de apă se situează sub media multianuală, s-au produs totuși viituri și inundații chiar și în anii caracterizați ca fiind secetoși, ceea ce evidențiază o tendință de intensificare a fenomenelor extreme.

Prin poziția sa, România este o țară dunăreană, 97.4% din suprafața României fiind inclusă în acest bazin hidrografic. De asemenea, în districtul hidrografic al Dunării au fost incluse apele costiere ale României precum și bazinele afluenților care se varsă în Marea Neagră (cu suprafața de circa 5198 km<sup>2</sup>).

România dispune de o rețea hidrografică cu o lungime de circa 80.000 km, constituită din râuri de câmpie cu scurgere lentă și zone inundabile, din râuri de deal și de munte cu scurgere rapidă, din torenți și văi. Întreaga rețea hidrografică a țării colectează și trimite apele, direct sau indirect, în Marea Neagră. Resursele de apă din râurile interioare sunt de 40 miliarde m<sup>3</sup> (Tabel 3.3.1), ceea ce reprezintă circa 20% din resursele de apă totale ale fluviului Dunărea. Însă regimul scurgerii râurilor este foarte diferit de la an la an și de la o regiune la alta (Figura 3.3.1), atât datorită pronunțatei variații în timp a factorilor climatici cât și diversității foarte mari a celorlalți factori fizico-geografici. România are o resursă specifică din râurile interioare de 1840 m<sup>3</sup>/loc./an, din acest punct de vedere ocupă locul 13 în Europa (media la nivelul Europei este de circa 4000 m<sup>3</sup>/loc./an).

Tabel 3.3.1. Resursele de apă din România

Tipul resursei	Resursa totală (miliarde m <sup>3</sup> / an)	Resursa utilizabilă (miliarde m <sup>3</sup> / an)
Râuri interioare	40.0	14.1
Dunărea	85.0	20.0
Ape subterane	10.3	6.0



impactul potențial al schimbărilor climatice asupra resurselor de apă și a regimului debitelor maxime.

Estimarea impactului schimbărilor și variabilităților climatice asupra regimului hidrologic dintr-un bazin hidrografic se bazează pe simulările de lungă durată realizate cu ajutorul unui model hidrologic, utilizând ca date de intrare seriile de precipitații și temperaturi rezultate din simulările de evoluție climatică realizate cu ajutorul unui model meteorologic regional.

Metodologia utilizată are la bază parcurgerea următoarelor etape:

- **Stabilirea scenariului de schimbare climatică**

Pentru realizarea acestei etape se utilizează simulările de evoluție climatică obținute cu ajutorul unui model meteorologic, simulări care sunt disponibile pe o rețea grid de rezoluție spațială cât mai bună. Sunt disponibile următoarele tipuri de simulări:

- O simulare obținută în cadrul unei rulări de control, pentru o perioadă istorică, în vederea stabilirii regimului climatic de referință.
- O simulare corespunzătoare scenariului de evoluție a emisiei de gaze cu efect de seră pentru o perioadă viitoare, folosind ca și condiții la limită simulările realizate cu modelul meteorologic global cuplat ocean – atmosferă.
- **Preprocesarea datelor meteorologice de intrare la o rezoluție spațio – temporală corespunzătoare cerințelor de modelare hidrologică**

Având în vedere cerințele specifice pentru aplicarea în bune condiții a unui model complex de simulare a proceselor hidrologice, precum și caracteristicile datelor de scenarii climatice disponibile, este necesară realizarea următoarelor operații de preprocesare a datelor primare, preprocesare care să permită obținerea unor date meteorologice de intrare la o rezoluție spațio – temporală corespunzătoare:

- aplicarea de corecții ale valorilor simulate utilizând metode statistice și setul de date grid bazat pe observații, cu o rezoluție spațială și temporală cât mai bună;
- realizarea unui downscaling temporal asupra valorilor corectate, de la pasul de timp disponibil la pasul de timp necesar modelului hidrologic;
- realizarea unui downscaling spațial asupra valorilor meteorologice de la rezoluția disponibilă la cea necesară modelului hidrologic.
- **Obținerea seriilor de precipitații și temperaturi medii pe subbazine**

Seriile de date meteorologice de intrare, în format grid, se utilizează pentru obținerea seriilor de precipitații și temperaturi medii pe subbazine, la pasul de timp de calcul, în conformitate cu schema topologică utilizată de modelul hidrologic pentru bazinele hidrografice analizate.

- **Calibrarea modelului hidrologic**

Modelul hidrologic se calibrează cu ajutorul datelor istorice, fiind utilizat apoi, cu setul optim de parametri rezultati în urma calibrării, pentru realizarea de simulări de lungă durată a seriilor de debite, folosind datele de scenarii climatice.

- **Simularea scurgerii cu ajutorul modelului hidrologic**

Pentru estimarea impactului schimbărilor și variabilităților climatice asupra regimului hidrologic al debitelor se realizează simulări de lungă durată cu ajutorul modelului hidrologic, utilizând ca date de intrare seriile de precipitații și temperaturi rezultate din preprocesarea datelor obținute din simulările de evoluție climatică, cu ajutorul unui model regional. Se realizează două simulări de lungă durată, prima simulare fiind realizată pentru perioada de referință, iar cea de a doua pentru perioada viitoare. Simulările se realizează pentru regimul natural de scurgere, fără a lua în considerare influența exploatării acumulărilor, pentru a estima impactul schimbărilor climatice asupra regimului hidrologic.

- **Analiza rezultatelor studiului de impact al schimbărilor și variabilităților climatice asupra regimului hidrologic al debitelor medii**

Seriile de debite, la pasul de timp de calcul, rezultate în urma celor două simulări (pentru perioada de referință și pentru perioada viitoare), se analizează comparativ în vederea estimării impactului



schimbărilor climatice asupra regimului hidrologic al debitelor în bazinele hidrografice analizate. Analiza comparativă se realizează pentru cele două perioade, urmărind identificarea schimbărilor la nivelul regimului debitelor medii lunare, sezoniere și anuale.

Modelele climatice au fost ameliorate prin includerea de efecte mult mai complexe ce descriu comportamentul sistemului climatic dar și prin utilizarea unei rezoluții spațiale din ce în ce mai fine pentru a putea surprinde orografia complexă a fiecărei regiuni. Utilizarea rezultatelor acestor modele privind modificările parametrilor climatici permit elaborarea de scenarii, pentru diferite bazine hidrografice de pe teritoriul României, referitoare la estimarea impactului asupra resurselor de apă în general și asupra extremelor hidrologice în particular.

Simulările de evoluție climatică utilizate au fost cele obținute cu ajutorul modelului REMO versiunea 5.7, simulări obținute în urma colaborării din cadrul Proiectului FP6 CLAVIER (2006-2009) și care au fost realizate pe o rețea grid de rezoluție spațială de  $0,25^\circ$  ( $\sim 25$  km). Aceste simulări au fost realizate în baza scenariului de evoluție a emisiei de gaze cu efect de seră A1B pentru perioada 2021-2050, folosind drept condiții la limită simulările realizate cu modelul global cuplat ocean – atmosferă ECHAMP5.

Având în vedere cerințele specifice pentru aplicarea în bune condiții a modelului complex de simulare a proceselor hidrologice (o rezoluție spațială de cel mult  $0.1$  grade, o rezoluție temporală de 6 ore - pentru analiza debitelor maxime, precum și absența unor erori semnificative de tip bias în datele de intrare) și respectiv caracteristicile datelor de scenarii climatice disponibile (rezoluție spațială de  $0.25^\circ$  și pas de timp de 24 ore), a fost necesară realizarea următoarelor operații de preprocesare a datelor meteorologice de intrare în vederea obținerii unei rezoluții spațio – temporale corespunzătoare:

- aplicarea de corecții ale valorilor simulate utilizând metode statistice și setul de date ECA&D de tip grid, cu o rezoluție spațială de  $0,25^\circ$  și o rezoluție temporală zilnică, set de date realizat în cadrul proiectului ENSEMBLE;
- realizarea unui downscaling temporal asupra valorilor corectate, de la un pas de timp de 24 de ore la un pas de timp de 6 ore (utilizate pentru estimarea impactului asupra debitelor maxime);
- realizarea unui downscaling statistic spațial de la rezoluția de  $0.25^\circ$  la cea de  $0.1^\circ$ .

Seriile de date meteorologice de intrare, în format grid, se utilizează pentru obținerea seriilor de precipitații și temperaturi medii pe subbazine, la pas de timp de 24 sau 6 ore, în conformitate cu schema de calcul a modelului hidrologic pentru bazinele hidrografice analizate.

### 3.3.2. Modele utilizate

Modelele hidrologice utilizate sunt de diferite tipuri, în funcție de acestea, fiind necesari diferiți parametri climatici.

Pentru simularea scurgerii, au fost utilizate două modele hidrologice diferite, în funcție de datele de intrare disponibile și de rezoluțiile spațială și temporală la care se realizează simularea hidrologică.

Astfel, pentru estimarea impactului schimbărilor și variabilităților climatice asupra regimului debitelor medii lunare, sezoniere și anuale, au fost realizate simulări de lungă durată cu ajutorul modelului hidrologic WatBal. Acesta este un model conceptual simplu, de tip rezervor, pentru evaluarea resurselor de apă (și a componentelor acestora), utilizat în cadrul bazinelor hidrografice (Yates, 1994) acesta extinzând, practic, modelul hidrologic pentru resursele de apă cu pas de timp lunar, CLIRUN (Kaczmarek, 1994).

În vederea estimării impactului schimbărilor climatice asupra resurselor hidrologice ale unui bazin hidrografic se folosește un model de bilanț de apă cu pas de timp lunar (WatBal).

***Scurgerea simulată cu ajutorul modelului permite determinarea impactului schimbărilor climatice asupra resursei de apă din spațiul hidrografic analizat.***

Modelul WATBAL (*Water Balance Model*) a fost dezvoltat de Kaczmarek (1994) în încercarea de a folosi *ipoteze simple*, acceptate de comunitatea științifică din domeniu, ***referitoare la bilanțul de apă*** și abordări fizice robuste de estimare a evapotranspirației potențiale. Acest model folosește



funcții continue pentru a descrie mișcarea apei într-un bazin hidrografic conceptualizat (Stănescu et al., 1999), (Figura 3.3.2)

Modelul WatBal include următoarele procese: calculul precipitației nete, determinarea topirii apei din stratul de zăpadă, bilanțul umidității apei din sol, schimbul de apă cu zona saturată, evapotranspirația reală și scurgerea totală. Acesta este alcătuit din două componente principale. Prima este componenta de bilanț de apă, care folosește funcții continue pentru a descrie mișcarea apei într-un bazin hidrografic conceptualizat iar a doua este componenta care permite calculul evapotranspirației potențiale folosind metoda Thornthwaite.

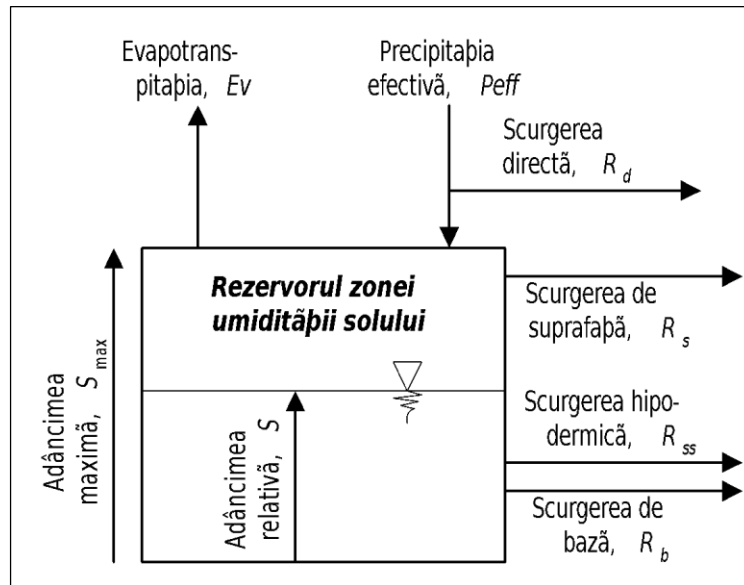


Figura 3.3.2. Conceptualizarea bilanțului de apă pentru modelul WATBAL (după Yates, 1994, citat de Stănescu et al, 1999)

Componentele modelului WatBal sunt enumerate în cele ce urmează:

- Precipitația efectivă
- Scurgerea directă ( $R_d$ )
- Scurgerea de suprafață
- Scurgerea hipodermică
- Scurgerea totală
- Evapotranspirația reală
- Evapotranspirația potențială
- Albedoul

Datele de intrare în modelul WatBal necesare pentru calibrarea parametrilor acestui model sunt precipitațiile lunare și temperaturile aerului medii lunare, medii pe subbazinele hidrografice aferente stațiilor hidrometrice analizate, determinate pe baza datelor de la stațiile meteorologice din zonă, precum și debitele medii lunare de la stațiile hidrometrice. Rezultatele constau în debite cu pas de timp lunar.

Calibrarea modelului hidrologic Watbal a fost efectuată pe baza debitelor medii lunare reconstituite (naturale) din intervalul de calibrare 2000-2006 de la stațiile hidrometrice analizate, precum și a temperaturilor medii lunare ale aerului și a cantităților lunare de precipitații atmosferice corespunzătoare bazinelor hidrografice aferente fiecărei stații în parte, pentru același interval. Valorile temperaturilor medii lunare și ale cantităților de precipitații au fost extrase din baza de date ROCADA (Romanian Climate Dataset) (Dumitrescu & Birsan, 2015).

Interval de calibrare selectat este 2000-2006 deoarece în acest interval s-au produs toate fazele de regim hidrologic, atât cel deficitar, marcat de fenomene de secetă, așa cum a fost cazul anului 2000,

cât și cel excedentar, marcat de viituri și ape mari, așa cum a fost situația din anul 2005. Totodată, intervalul este suficient de lung pentru a permite alegerea celor mai buni parametri de calibrare.

Trebuie precizat faptul că la calibrarea modelului WatBal se are în vedere un criteriu de natură matematică, utilizat pentru a determina acuratețea predicțiilor sau a simulărilor modelului în raport cu situația reală care este luată drept bază pentru modelare.

Criteriul matematic ales este coeficientul Nash-Sutcliffe (sau coeficientul de eficiență) care poate fi exprimat prin următoarea ecuație:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}$$

unde:

$Q_o$  este debitul observat (măsurat),

$Q_m$  este debitul modelat sau rezultat în urma calibrării modelului pentru o anumită stație de râu,

$Q_o^t$  reprezintă debitul observat la momentul  $t$ .

Coeficientul Nash-Sutcliffe poate avea o gamă infinită de valori, de la  $-\infty$  până la maximum  $+1$ . Valoarea  $+1$  semnifică o compatibilitate perfectă între debitele măsurate și cele calculate prin calibrare. Aceasta este, însă, o valoare utopică, ceea ce înseamnă că atingerea ei în practică este improbabilă, chiar dacă se tinde către ea.

În practică, valorile acceptate pentru coeficientul Nash-Sutcliffe sunt cuprinse între  $0$  și  $+1$ ,  $0$  semnificând faptul că simulările realizate cu ajutorul modelului sunt la fel de precise precum situația reală, introdusă ca parametru de calcul. Altfel spus, valoarea  $0$  a coeficientului Nash-Sutcliffe nu aduce nici o îmbunătățire a predicțiilor față de ceea ce se cunoaște deja.

O valoare negativă a coeficientului amintit semnifică faptul că predicțiile modelului se află sub nivelul de acuratețe și credibilitate a situațiilor reale observate, în timp ce valori cuprinse între  $0$  și  $+1$  indică faptul că predicțiile (simulările) care vor fi realizate cu ajutorul modelului vor avea o precizie și o acuratețe mai mare decât situația reală.

Din acest motiv, la calibrarea modelului WatBal s-a căutat obținerea, pentru stațiile hidrometrice analizate, a unor valori mai mari de  $0$  și cât mai apropiate de  $+1$ .

În schimb, pentru evaluarea impactului asupra scurgerii maxime (debite cu diferite probabilități de depășire), a fost utilizat un model cu pas de timp de 6 ore. Modelul hidrologic CONSUL, dezvoltat anterior în cadrul I.N.H.G.A. (Șerban și Simota 1992; Șerban et al. 1992; Șerban și colab, 1994; Corbuș et. al., 2018), este un model matematic hidrologic determinist care permite simularea scurgerii atât în bazine mici cât și în bazine mari, complexe, care se divizează în unități omogene (subbazine). Modelul permite calculul hidrografelor debitelor pe subbazine, propagarea și compunerea acestora pe râul principal și pe afluenți. Acesta simulează majoritatea proceselor hidrologice importante din bazinul hidrografic și anume: topirea zăpezii, interceptia, reținerea în depresiuni, evapotranspirația, infiltrația, scurgerea de suprafață, scurgerea hipodermică, percolația și scurgerea de bază.

Modelarea matematică a scurgerii maxime necesită realizarea unei reprezentări schematice a modului în care curg și se adună apele într-un bazin hidrografic. Această reprezentare schematică presupune atât divizarea bazinului în subbazine mici omogene cât și împărțirea cursului de apă în sectoare caracteristice (Figura 3.3.3).

Dezvoltarea modelelor hidrologice a presupus și o etapă de calibrare. Aceasta se calibrează cu ajutorul datelor istorice, prin simularea scurgerii din perioada istorică (Figura 3.3.4), fiind utilizat apoi, cu setul optim de parametri rezultați în urma calibrării, pentru realizarea de simulări de lungă durată a seriilor de debite, folosind ca date de intrare proiecțiile climatice.

Metodologia de analiză a impactului asupra regimului hidrologic a constatat în aplicarea modelelor hidrologice menționate în două cazuri: regim actual, care a constatat în simularea scurgerii pe perioada de referință (1971-2000) și perioada viitoare (cu regim modificat), în care a fost simulată



În cazul scurgerii maxime, s-au utilizat debitele instantanee maxime (extrase din simulările la pas de timp de 6 ore), analiza bazându-se pe compararea debitelor maxime lunare, maxime anuale și maxime cu diferite probabilități de depășire (pentru obținerea acestora au fost utilizate curbele teoretice de probabilitate, estimate aplicând metodologia de calcul statistic utilizată în prezent în I.N.H.G.A.).

Efectul schimbărilor climatice se transpune regional sau local atât în intensificarea fenomenelor extreme, cât și în amploarea fenomenului de secetă pedologică și hidrologică, având drept consecință reducerea resurselor de apă. Rezultatele studiilor arată faptul că cele două fenomene nu se manifestă în același sens într-un anumit areal.

Impactul schimbărilor climatice asupra scurgerii minime este un subiect care prezintă de asemenea interes prin prisma problemelor de gospodărire a apelor specifice situațiilor de ape mici. Scăderea debitelor, ca efect al schimbărilor climatice cel mai probabil va influența și atingerea obiectivelor de mediu ale Directivei Cadru a Apei. Impactul acestor schimbări climatice asupra corpurilor de apă constă în modificări la nivelul distribuției sezoniere a scurgerii, apariția mai frecventă a situațiilor de debit scăzut și a deficitului de apă, chiar cu posibilitatea de a deveni mai severe.

Modificarea regimului hidrologic, ca efect al schimbărilor climatice va influența dezvoltarea și gospodărirea resurselor de apă și drept urmare este necesar a se adapta modul de exploatare a lacurilor de acumulare. Adaptarea la schimbările climatice a exploatarea lacurilor de acumulare trebuie realizată ținând cont de prognoza folosințelor și de cerințele de mediu - debitul ecologic necesar protecției și conservării ecosistemelor acvatice determinat prin aplicarea metodologiei recent aprobată prin Hotărârea de Guvern nr. 148/20.02.2020 (Guv. Rom., 2020).

Metodele de calcul pentru indicatorii climatici pe baza scenariilor climatice, corespunzător sectorului resurse de apă, sunt prezentate în **Anexa 1** a raportului.

### **3.4. Agricultură și dezvoltarea rurală**

#### **3.4.1. Introducere**

În România, *agricultura* deține un statut deosebit de important, deși parcurge cel mai profund proces de restructurare de proprietate și sistem de exploatare. A rămas una din ramurile prioritare ale producției materiale, cu atât mai mult cu cât progresul economic și social al lumii contemporane se află într-o strânsă corelație cu nivelul realizărilor din agricultură și nu poate fi conceput în afara dezvoltării puternice a acestei ramuri de producție.

De-a lungul timpului s-a demonstrat științific faptul că producția agricolă este direct legată de succesiunea de stări ale atmosferei. Factorii climatici intervin fie direct, asupra creșterii și dezvoltării vegetației și a animalelor, fie indirect prin acțiunea lor asupra nocivității sau diseminării dăunătorilor și bolilor specifice, precum și asupra stării solului (Sandu & Mateescu, 2014). La nivelul producției agricole, evenimentele climatice pot să aibă uneori un impact negativ (pierderea unei părți sau chiar a întregii recolte) în anii nefavorabili, sau un impact pozitiv (mărirea producțiilor agricole) în anii favorabili (Sandu & Mateescu, 2014).

Agrometeorologia este știința care se ocupă cu cercetarea condițiilor meteorologice sub aspectul influenței acestora asupra producției agricole. Conform ghidului World Meteorological Organization No.134, în cadrul agrometeorologiei sunt studiați atât factorii meteorologici, hidrologici, pedologici și biologici care afectează producția agricolă, cât și interacțiunile dintre mediu și agricultură. Principalul rol al acestei științe este acela de a determina toate aceste efecte, astfel încât să poată veni în ajutorul fermierilor prin aplicarea în practica agricolă a noilor cunoștințe dobândite în procesul de cercetare. Tot în ghidul World Meteorological Organization No.134 se atrage atenția asupra rolului important pe care îl are această ramură științifică, în contextul actual al schimbărilor climatice, referitor la capacitatea de pregătire și de adaptare la impactul produs de acestea asupra societății umane (Berbecel et al., 1970; WMO, 2012).



**Metodologia** de lucru în acest studiu a constat în selectarea și prelucrarea de date agrometeorologice, respectiv cantități de precipitații lunare cumulate în perioada 01 septembrie-31 august și rezerve de umiditate în culturile de grâu de toamnă și porumb, înregistrate la stațiile meteorologice cu program agrometeorologic reprezentative pentru teritoriul agricol al României. Astfel, s-au analizat anii agricoli din perioada 1961-2020, sub aspect decenal, comparativ cu valorile medii din intervalul de referință 1991-2020. Analiza s-a realizat la nivelul teritoriului agricol al țării prin realizarea de hărți spațiale reprezentative, rezervele de umiditate în culturile de grâu și porumb fiind exprimate în procente din Capacitatea de Apă utilă a solului (CAu), în perioade specifice pentru agricultură, respectiv perioada efectuării lucrărilor de semănat (luna septembrie / grâu și aprilie / porumb), intervalul acumulării rezervelor de apă pentru grâul de toamnă (luna martie) și perioada de consum maxim față de apă al plantelor agricole (lunile mai și iunie / grâu și iulie-august / porumb).

Precipitațiile lunare cumulate la nivelul anului agricol septembrie-august acoperă perioada 1961-2020, fiind analizate din punct de vedere decenal, astfel: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 și 2011-2020, iar valorile rezervelor de umiditate au fost organizate pe cinci decenii (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020), comparația realizându-se cu perioada actuală de referință 1991-2020.

Pentru perioada 1970-2020 s-au analizat sub aspect decenal numărul anilor când s-a semnalat fenomenul de secetă pedologică cu diferite grade de intensitate (moderată, puternică și extremă) în culturile de grâu de toamnă și porumb, pe diferite adâncimi de sol și în intervale specifice din punct de vedere agricol.

Indicatorii climatici studiați sunt descriși în subcapitolele următoare.

### 3.4.2. Indicatori hidrici

- **Evapotranspirația** în culturile agricole

*Evapotranspirația* în culturile agricole este reprezentată de pierderile de apă (neproductive) prin evaporația de la suprafața solului și consumul (productiv) prin transpirația plantelor (Berbecel et al., 1970; Popescu et al., 2019).

Penman a combinat echilibrul energetic cu metoda transferului de masă și a obținut o ecuație pentru a calcula evaporarea de pe o suprafață de apă deschisă din înregistrările climatologice standard ale soarelui, temperaturii, umidității și vitezei vântului. Această așa-numită metodă de combinație a fost dezvoltată în continuare de mulți cercetători și extinsă la suprafețele tăiate prin introducerea factorilor de rezistență (Penman, 1948)

Cunoscută sub numele de FAO 56 PM, această metodă este un standard global bazat pe date meteorologice (Allen et al., 1998) și s-a constatat că funcționează bine în numeroase locații dacă datele sunt disponibile (Allen et al., 1989; Garcia et al., 2004; López-Urrea et al., 2006; Xing et al. 2008). Metoda FAO 56 PM necesită măsurători ale temperaturii, umidității relative, vitezei vântului și radiației solare.

Pentru calculul evapotranspirației potențiale se va folosi modelul bazat pe metodologia FAO (Food and Agricultural Organization) de implementare a formulei Penman-Montheith (ecuația 1).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

unde:

$ET_0$  – evapotranspirația de referință ( $\text{mm zi}^{-1}$ );

$R_n$  – radiația solară netă la suprafața culturii ( $\text{MJ m}^{-2} \text{zi}^{-1}$ ), calculată pe baza duratei de strălucire a Soarelui; reprezintă diferența dintre radiația solară receptată și cea emisă sau reflectată, de ambele lungimi de undă, scurtă și lungă;

$G$  – conductivitatea termică a solului ( $\text{MJ m}^{-2} \text{zi}^{-1}$ );

$T$  – temperatura medie a aerului măsurată la înălțimea de 2 m ( $^{\circ}\text{C}$ );

$u_2$  – viteza vântului la înălțimea de 2 m ( $m s^{-1}$ );  
 $e_s$  – presiunea de saturație a vaporilor (kPa);  
 $e_a$  – presiunea parțială a vaporilor de apă (kPa);  
 $e_s - e_a$  – deficitul de saturație (kPa);  
 $\Delta$  - panta curbei presiunii vaporilor de apă ( $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$ );  
 $\gamma$  - constanta psihrometrică ( $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$ ).

Pentru ajustarea vitezei vântului de la înălțimea de 10 m la înălțimea de 2 m, conform metodologiei (Allen et al., 1998), s-a utilizat un profil logaritm de determinare a vitezei vântului (ecuația 2):

$$u_2 = u_z \quad (2)$$

unde:

$u_2$  - este viteza vântului la înălțimea de 2 metri ( $m s^{-1}$ );  
 $u_z$  - reprezintă viteza vântului la înălțimea  $z$  metri deasupra pământului ( $m s^{-1}$ );  
 $z$  - este înălțimea de măsurare a vitezei vântului (m) și este egală cu 10.

Calculul evapotranspirației potențiale prin formulei Penman-Montheith include parametrii climatici zilnici, valori măsurate și validate din baza de date a ANM, cu ajutorul software-ului specializat AGRO-SYNOP pentru stațiile cu program agrometeorologic, și anume:

- altitudinea și latitudinea, exprimate în metri;
- temperatura maximă și minimă a aerului, ( $^\circ C$ );
- umiditatea relativă a aerului (%);
- viteza vântului (m/s);
- durata de strălucire a Soarelui (ore).

Valorile rezultate din calculul evapotranspirației potențiale prin formula Penman-Montheith, sunt utilizate în ecuația de bilanț al apei în sol, obținându-se informații referitoare la umiditatea solului în diferite faze de vegetație ale culturilor agricole.

Ecuația bilanțului apei în sol, utilizată pentru calculul umidității solului în activitatea agrometeorologică operativă din cadrul ANM, este ecuația 3:

$$R - Q - U - E - \Delta W = 0 \quad (3)$$

unde:

R = precipitațiile sau irigațiile;

Q = scurgerea;

U = adâncimea drenajului dincolo de zona rădăcinii;

E = evapotranspirația (calculată prin formula *Penman-Montheith*);

$\Delta W$  = schimbarea în rezerva de apă a solului.

- **Rezerva de umiditate** în culturile de grâu de toamnă și porumb (mc/ha), analizate decenal (1970-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-2000, 1981-2010, 1991-2020), în intervalul 1970-2020;

*Rezerva de umiditate* este determinată prin metoda bilanțului apei în sol utilizând datele meteorologice înregistrate la stațiile meteorologice cu program agrometeorologic, valorile de umiditate fiind validate de măsurători directe efectuate cu senzori de umiditate în cele 68 de puncte/platforme agrometeorologice.

Umiditatea solului (mc/ha) se măsoară direct în culturile de grâu de toamnă și porumb, respectiv pe adâncimile de 0-20 cm, 0-50 cm și 0-100 cm, în funcție de stadiul de creștere și dezvoltare a plantelor pe tot parcursul perioadei active de vegetație. Determinările privind umiditatea solului se efectuează decadic începând din 28(29) februarie până la 30 noiembrie, în perioada decembrie-februarie acestea efectuându-se doar în cazuri excepționale (la cerere). Pentru fiecare cultură agricolă (cerealiere de toamnă, prășitoare sau specii pomi-viticole) aflată sub observație se stabilesc 2 platforme de observații privind umiditatea solului, în cadrul fiecărei platforme probele se ridică

din 4 puncte, astfel încât media acestora să asigure date privind conținutul umidității solului la nivelul întregii platforme aflată sub observație continuă (Mateescu et al., 2016).

Seceta este un fenomen complex, caracterizat prin umiditate insuficientă în atmosferă și în sol, și prin creșterea evapotranspirației potențiale. În perioada fără precipitații, o mare parte din radiațiile solare participă la încălzirea solului și a stratului de aer de deasupra. În același timp cu supraîncălzirea și uscarea aerului, crește treptat evapotranspirația potențială. În funcție de mediul în care se dezvoltă, seceta poate fi atmosferică, pedologică și mixtă.

Seceta atmosferică este caracterizată prin perioade de timp fără precipitații sau cu precipitații insuficiente, când consumul apei din sol crește proporțional cu ridicarea valorilor de temperatură a aerului. Dacă seceta este de lungă durată, ea provoacă uscarea solului și astfel apare seceta pedologică. Când seceta pedologică este asociată cu cea atmosferică, devine complexă (mixtă), determinând compromiterea parțială sau totală a recoltei (Mateescu et al., 2004).

Temperatura ridicată și umiditatea scăzută a aerului determină intensificarea evapotranspirației și deci scăderea rapidă a rezervelor de apă din sol. Astfel apare un dezechilibru între cerințele sporite ale plantelor față de apă și resursele reduse de aprovizionare ale solului.

Astfel, s-au analizat anii agricoli din perioada 1961-2020, sub aspect decenal, comparativ cu valorile medii din intervalul de referință 1991-2020. Analiza s-a realizat la nivelul teritoriului agricol al țării prin realizarea de hărți spațiale reprezentative hărți de rezervă de umiditate în culturile de grâu de toamnă și porumb (mc/ha), decenal (1970-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 și 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-1990, 1981-2010 și 1991-2020).

Limitele de referință (Mateescu et al., 2016) pentru întocmirea și interpretarea hărților de rezervă de umiditate din sol:

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| ➤ 0-20 (%CAu- Capacitatea de apă utilă a solului) | Secetă extremă (SE);               |
| ➤ 20-35 (%CAu)                                    | Secetă puternică (SP);             |
| ➤ 35-50 (%CAu)                                    | Secetă moderată (SM);              |
| ➤ 50-70 (%CAu)                                    | Aprovizionare satisfăcătoare (AS); |
| ➤ 70-85 (%CAu)                                    | Aprovizionare apropiată de optim   |
| (ApO);  |                                    |
| ➤ 85-100 (%CAu)                                   | Aprovizionare optimă (AO);         |
| ➤ >100 (%CAu)                                     | Exces (E).                         |

Rezerva de umiditate în stratul de sol 0-20 cm (ogor), la data de 22 Septembrie 2020, Figura 3.4.1 (Anghel et al., 2017).

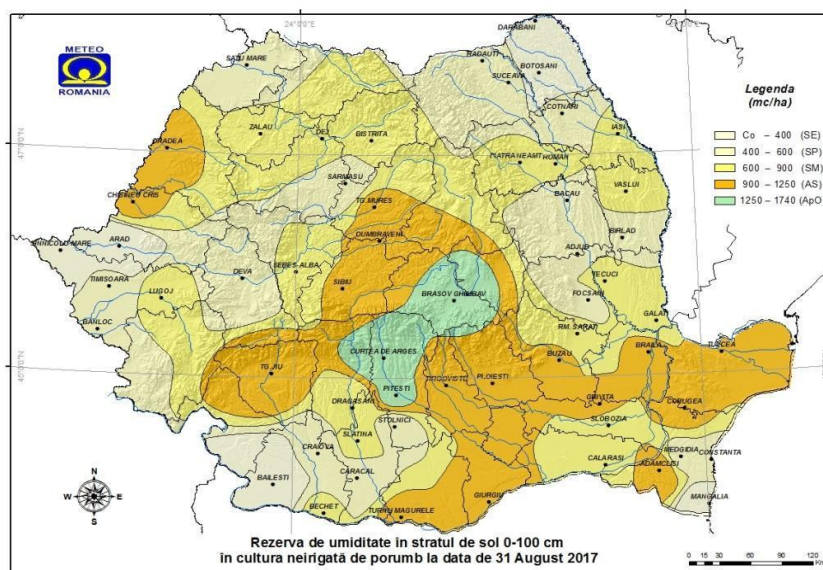


Figura 3.4.1. Rezerva de umiditate pe profilul de sol 0-100 cm, în cultura de porumb la data de 31 august 2017 (Anghel et al., 2017).



Cantități de **precipitații** lunare (l/mp) cumulate pe **intervale specifice** pentru agricultură, analizate decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-2000, 1981-2010, 1991-2020), în intervalul 1970-2020.

**Precipitațiile** reprezintă principala sursă de apă pentru creșterea și dezvoltarea plantelor agricole, iar elementele cele mai semnificative ale acestui parametru meteorologic sunt variabilitatea cantitativă, distribuția și repartiția spațio-temporală (Mateescu et al., 2004).

Pentru evaluarea regimului pluviometric din perioada 1961-2020, s-au realizat hărți GIS (lunare) și grafice, decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 și 1991-2020).

Limitele de referință pentru întocmirea și interpretarea hărților de **precipitații lunare**:

- 0-25 l/mp cantități de precipitații reduse cantitativ și chiar absente;
- 25-50 l/mp cantități de precipitații ridicate;
- 50-100 l/mp cantități de precipitații normale;
- 100-125 l/mp cantități de precipitații abundente;
- >125 l/mp cantități de precipitații excedentare.

Cantități de precipitații cumulate (l/mp) în perioada 01-28 februarie 2021, Figura 3.4.2 (Mateescu et al., 2013).

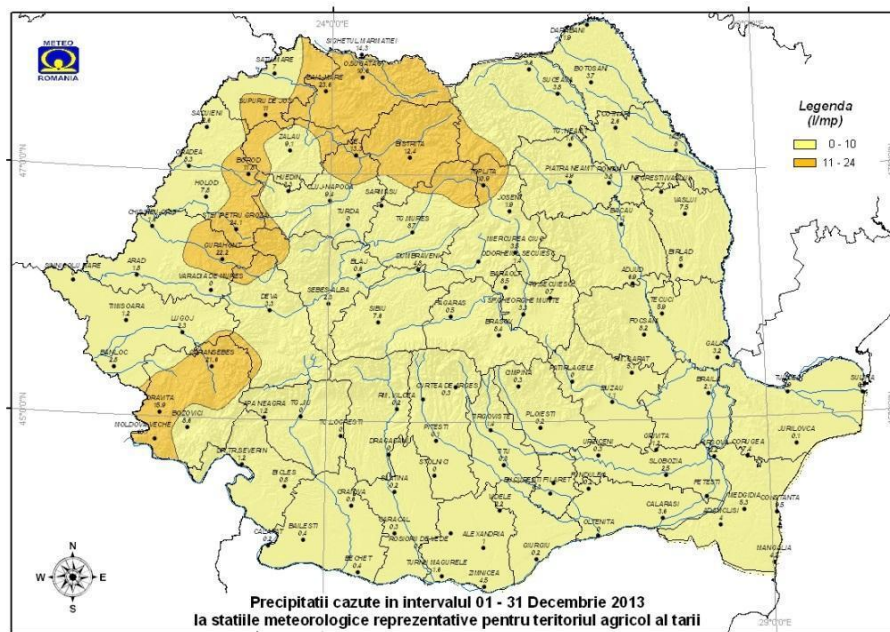


Figura 3.4.2. Precipitații 01-31 decembrie 2013 (E. Mateescu et al., 2013).

### 3.4.3. Indicatori termici

- **Intensitatea** (unități de „arșiță”) și **durata** (număr de zile cu „arșiță”) fenomenului de „arșiță”, analizate decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-2000, 1981-2010, 1991-2020), în intervalul 1970-2020;

Fenomenul de „arșiță” constituie unul dintre cei mai importanți factori de risc agrometeorologic care pot avea efecte negative asupra proceselor de creștere și dezvoltare ale plantelor. Limita de 32°C reprezintă pragul biologic critic privind temperatura maximă a aerului de la care optimul fiziologic de creștere și dezvoltare al plantelor de grâu și porumb este afectat, îndeosebi în perioada critică, cu cerințe maxime față de factorul de temperatură, respectiv intervalul *iunie-august*.

Pentru evaluarea condițiilor agrometeorologice din perioada cu cerințe maxime față de apă ale culturilor agricole s-au prelucrat datele climatice istorice și s-au utilizat tehnici GIS pentru realizarea de hărți tematice în vederea identificării intervalelor și zonelor cu risc ridicat la



producerea evenimentelor climatice extreme (fenomenele de „arșiță”), corelate cu cerințele optime de dezvoltare și limitele critice specifice culturilor agricole.

Analiza informațiilor de specialitate de la stațiile meteorologice cu program agrometeorologic se bazează pe date privind temperaturile maxime zilnice ale aerului pentru a calcula cuantumul unităților de arșiță ( $\sum T_{\max} \geq 32^{\circ}\text{C}$  în lunile iunie-august), pe intervale relevante pentru agricultură (Mircea et al., 2015).

Gradul de intensitate al „arșiței” poate varia de la o intensitate redusă (<10 unități de arșiță) până la deosebit de accentuată (>100...150 unități de arșiță).

Durata arșiței semnifică numărul total de zile cu temperaturi maxime  $\geq 32^{\circ}\text{C}$ .

Astfel, au fost întocmite hărți GIS reprezentând intensitatea și durata “arșiței” pentru intervalul iunie-august, decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 și 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1971-1990, 1981-2010 și 1991-2020).

Limitele de referință pentru realizarea și interpretarea hărților de **arșiță**:

- <10 unități de arșiță - intensitate redusă;
- 10-30 unități de arșiță - intensitate moderată;
- 31-50 unități de arșiță - intensitate ridicată;
- 51 unități de arșiță - intensitate accentuată.

Unitatea de “arșiță” reprezintă diferența dintre temperatura maximă zilnică a aerului și pragul critic de  $32^{\circ}\text{C}$ , în valori cumulate pe parcursul anotimpului de vară (iunie-august).

Intensitatea fenomenului de arșiță analizată în intervalul 01 iunie -31 august 2020, Figura 3.4.3 (Mircea et al., 2015).

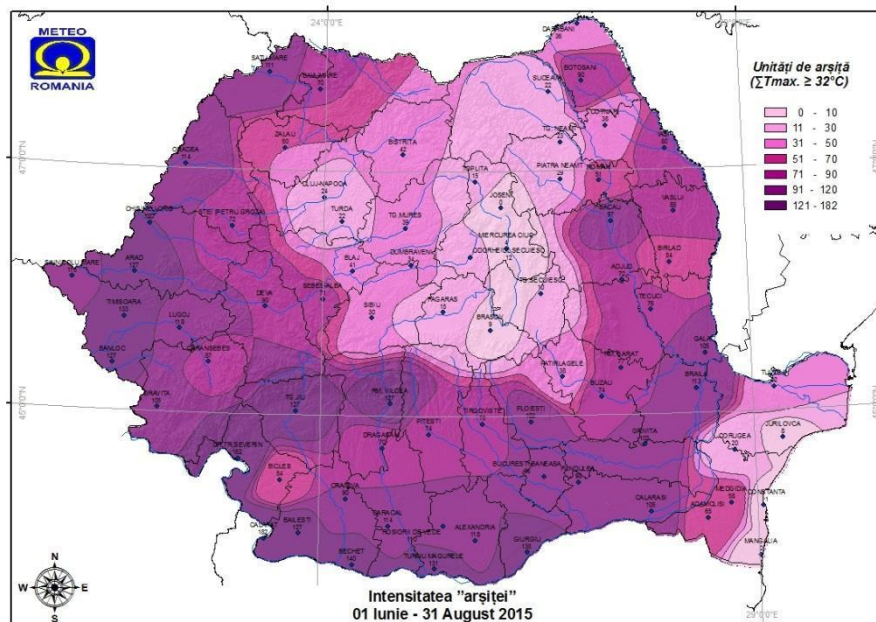


Figura 3.4.3. Intensitatea fenomenului de ‘arșiță’ în intervalul iunei-august 2015 (Mircea et al., 2015)

- **Indicele de imprimăvărare** ( $\sum T_{\text{med}} > 0^{\circ}\text{C}$  /unități de căldură), analizate decenal (1961-1970, 1970-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-2000, 1981-2010, 1991-2020), în intervalul 1970-2020;

Potențialul termic al perioadei de trecere de la anotimpul de iarnă la primăvară este exprimat prin indicele de imprimăvărare ( $\sum T_{\text{med}} \geq 0^{\circ}\text{C}$ ), calculat la nivelul intervalului 01 februarie-10 aprilie (Sandu & Mateescu, 2014).

Pentru analiza indicelui de imprimăvărare s-au realizat hărți GIS și grafice din perioada 1961-2020, decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 și 1991-2020).

Limitele de referință (Radu et al., 2017) pentru întocmirea și interpretarea hărților de **împrimăvărare**:

- <200 unități de căldură - împrimăvărare târzie;
- 201-300 unități de căldură - împrimăvărare moderată;
- 301-400 unități de căldură - împrimăvărare normală;
- 401-500 unități de căldură - împrimăvărare timpurie;
- >500 unități de căldură - împrimăvărare foarte timpurie.

Indicele de împrimăvărare ( $\sum T_{med. > 0^{\circ}C}$  /unități de căldură) analizat în perioada 01 februarie - 10 aprilie 2021, Figura 3.4.4 (ANM 2021).

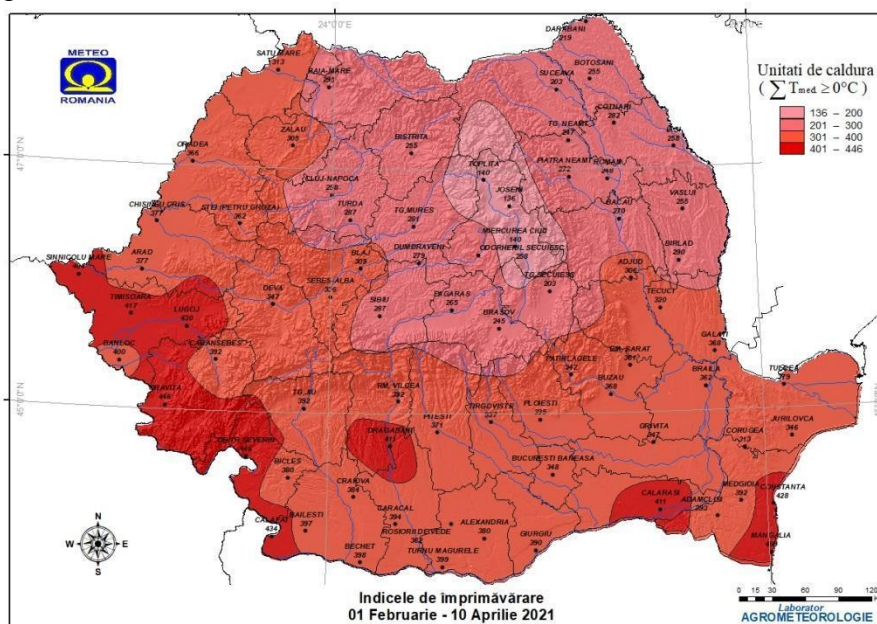


Figura 3.4.4: Indicele de împrimăvărare (ANM, 2021)

- **Asprimea iernii** ( $\sum T_{min. \leq -10^{\circ}C \dots -15^{\circ}C$  / „unități de ger” și  $\sum T_{med} \leq 0^{\circ}C$  / „unități de frig”), analizate decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-2000, 1981-2010, 1991-2020), în intervalul 1970-2020;

Cuquantumul de temperaturi negative  $< 0^{\circ}C$  ( $\sum T_{med} \leq 0^{\circ}C$  / „unități de frig”) care exprimă cantitatea de frig specifică fiecărui an, precum și cummul de temperaturi minime  $< -10^{\circ}C \dots -15^{\circ}C$  ( $\sum T_{min. \leq -10^{\circ}C \dots -15^{\circ}C$  / „unități de ger”), pentru durata și intensitatea gerurilor, sunt indici termici folosiți în determinarea gradului de asprime al iernilor, iar zonalitatea acestora, în valori medii multianuale, definește caracteristicile condițiilor naturale pe care le oferă o regiune agricolă a culturilor de câmp aflate în vegetație pe perioada de toamnă și iarnă, respectiv culturile cerealiere de toamnă (Mateescu, 2013).

Pentru a evalua condițiile de iernare ale speciilor de toamnă s-au realizat și interpretat hărți GIS și grafice din perioada 1961-2020, decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 și 1991-2020). Limitele de referință pentru întocmirea și interpretarea hărților de **frig** ( $\sum T_{med} \leq 0^{\circ}C$  / „unități de frig”):

- <200 unități de frig - iarnă blândă;
- 201-300 unități de frig - iarnă normală;
- 301-400 unități de frig - iarnă rece;
- >401 unități de frig - iarnă deosebit de rece.

Suma temperaturilor medii din aer sub  $0^{\circ}C$  ( $\sum T_{med} \leq 0^{\circ}C$  / „unități de frig”) înregistrate pe parcursul perioadei reci a anului agricol reprezintă „unitățile de frig”, respectiv cantitatea de frig cumulată în intervalul 01 noiembrie - 31 martie.

Limitele de referință pentru realizarea și interpretarea hărților de *ger* ( $\Sigma T_{\min.} \leq -10^{\circ}\text{C} \dots -15^{\circ}\text{C}$  „unități de ger”):

- <10 unități de ger - iarnă blandă;
- 11-30 unități de ger - iarnă normală;
- 31-50 unități de ger - iarnă aspră;
- >50 unități de ger - iarnă foarte aspră.

Suma temperaturilor minime din aer sub  $-10^{\circ}\text{C} \dots -15^{\circ}\text{C}$ , înregistrate pe parcursul perioadei reci a anului agricol în intervalul 01 decembrie - 28/29 februarie, reprezintă „unitățile de ger”.

Asprimea iernii exprimată prin quantumul temperaturilor medii diurne din aer situate sub  $0^{\circ}\text{C}$  (unități de frig) analizată în intervalul 01 noiembrie - 31 martie 2021, Figura 3.4.5 (Anghel et al., 2017).

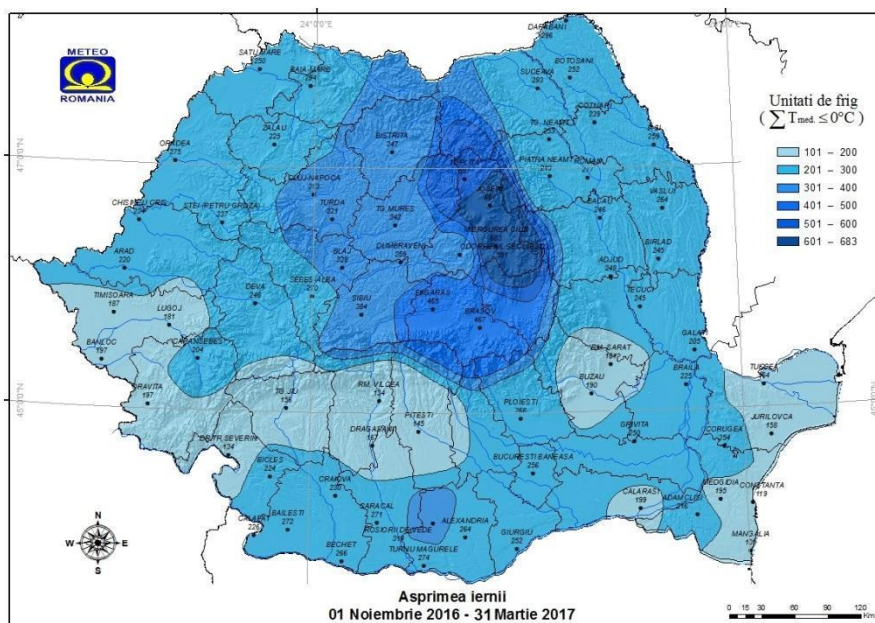


Figura 3.4.5: Asprimea iernii (unități de frig), în anul 2016-2017 (Anghel et al., 2017)

- **Încheturile târzii de primăvară și încheturile timpurii de toamnă**, sunt fenomene meteorologice de risc termic. Sunt prezentate din punct de vedere al datei calendaristică la care s-a produs fenomenul, respectiv data calendaristică când s-a produs ultimul îngheț de primăvară și primul îngheț de toamnă, decenal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020) și pe perioade de 30 de ani (1970-2000, 1981-2010, 1991-2020), în intervalul 1970-2020.

Caracterizat prin scăderea temperaturii aerului și la suprafața solului sub limita de  $0^{\circ}\text{C}$  în condiții atmosferice și locale avantajoase, înghețul reprezintă unul din principalele fenomene meteorologice nefavorabile ce afectează direct plantele agricole. Fiind un fenomen fizic complex, înghețul solului depinde de o serie de parametri cu o pondere greu de determinat, în special atunci când aceștia acționează împreună, respectiv: temperatura minimă absolută a aerului înregistrată pe parcursul anotimpului de iarnă; grosimea maximă a stratului de zăpadă, adâncimea maximă de îngheț a solului, dar și înălțimea covorului vegetal; umiditatea solului; expunerea pantelor, etc. Când este însoțit de brumă, se produce cu 1-3 săptămâni mai devreme toamna și mai târziu primăvara, atât în aer cât și în sol, și când depășește 5-6 ore consecutive ca durată, înghețul provoacă pagube însemnate în agricultură (Mateescu, 2013).

Acești parametri agrometeorologici sunt determinați prin data calendaristică de producere a ultimului îngheț de primăvară (ultima dată când s-a produs) și a primului îngheț de toamnă (prima dată calendaristică când s-a produs fenomenul), respectiv înregistrarea primei valori minime negative a temperaturii aerului toamna, respectiv ultima valoare minimă negativă a temperaturii aerului primăvara.



Înghețul târziu de primăvară (Figura 3.4.6) și înghețul timpuriu de toamnă (Figura 3.4.7), (ANM, 2021)

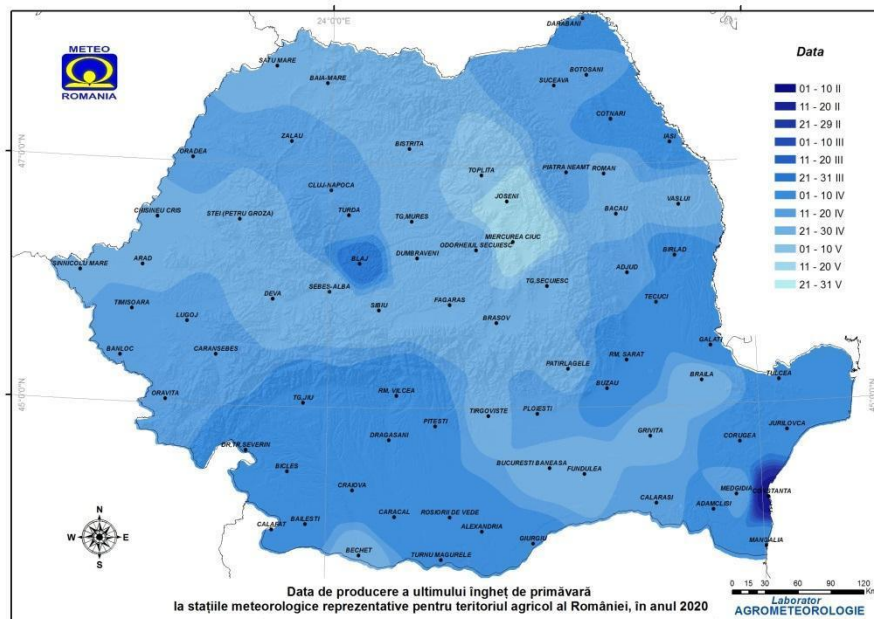


Figura 3.4.6: Înghețul târziu de primăvară în anul 2020 (ANM, 2021)

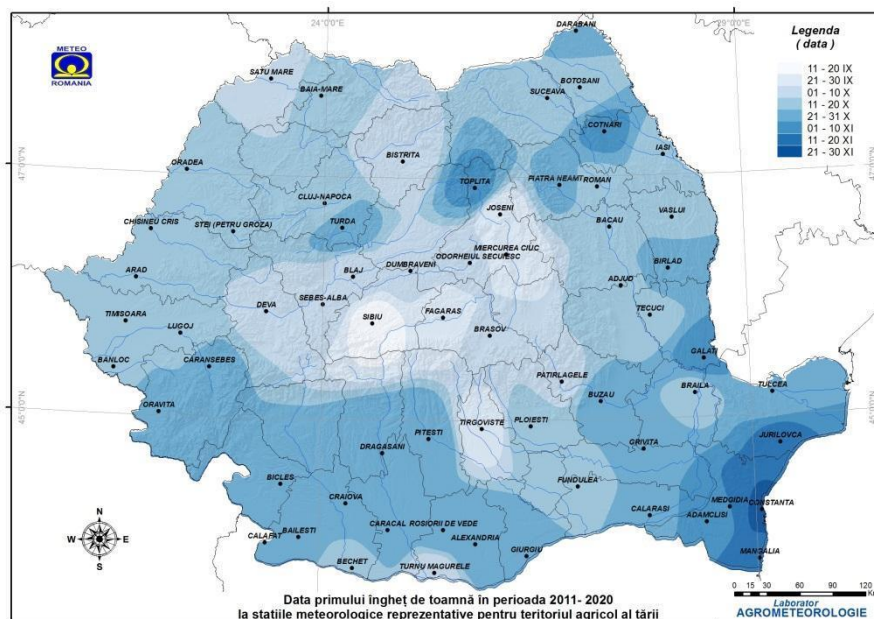


Figura 3.4.7: Înghețul timpuriu de toamnă în anul 2020 (ANM, 2021)

Indicatorii agrometeorologici specifici sectorului agricol din Romania, contribuie la crearea unei imagini de ansamblu a condițiilor de vegetație a principalelor culturi semănate pe teritoriul agricol al României, a avut la bază următoarele criterii:

- identificarea zonelor și arealelor vulnerabile din agricultura ca efect al schimbărilor climatice rezultate din analiza valorilor multianuale ale parametrilor termici și hidrici, prelucrate pe intervale decenale, comparativ cu valorile medii din perioadele de referință 1961-1990, 1981-2010 și 1991-2020;
- studiul indicatorilor agrometeorologici hidrici (cantitățile de precipitații, rezerva de umiditate, este esențial în planificarea resurselor de apă de irigații, în scopul de a gestiona și reduce efectele fenomenului de secetă, de economisire a apei, în culturile de grâu de toamnă



și porumb, la intervale specifice, cu scopul de a îmbunătăți eficiența activităților agricole la nivelul fermelor din România;

- estimarea datei de producere a înghețului în fiecare an agricol este importantă pentru practica agricolă în vederea diminuării consecințelor prin măsuri specifice;
- analiza parametrilor agrometeorologici pe intervale specifice pentru culturile grâu de toamnă și porumb (semănat, acumularea apei în sol, cerințe maxime față de apă a plantelor) prezintă o importanță deosebită, pentru a lua cele mai bune decizii în managementul agricol, și implicit în obținerea unor producții optime.

Metodele de calcul pentru indicatorii climatici pe baza scenariilor climatice, corespunzător sectorului agricultură, sunt prezentate în Anexa 1 a raportului.

### 3.5. Silvicultura

Ecosistemele forestiere pot fi vulnerabile la factori meteorologici și climatici relaționați cu temperatura aerului și a solului, cantitățile de precipitații și stocul de apă din sol, precum și cu dinamica circulației atmosferice. Depășirea anumitor praguri ale acestor parametri poate cauza fenomene precum doborâturile de vânt și/sau rupturi cauzate de zăpadă și alte forme de precipitații solide, uscarea arborilor și creșterea ratei mortalității arborilor și arboretelor, migrarea speciilor (termen lung) precum și alte efecte asociate cu astfel de fenomene, cum ar fi creșterea incidenței incendiilor forestiere, a atacurilor biotice, a alunecărilor de teren etc. În același timp, vulnerabilitatea ecosistemelor forestiere la astfel de factori meteorologici și climatici poate fi diferențiată în raport cu tipul de ecosistem forestier, caracteristicile staționale și tipul de management forestier aplicat. De asemenea, vulnerabilitatea anumitor specii depinde de trăsăturile proprii de natură fiziologică, morfologică și fenologică (Aubin et al., 2018), trăsături care în literatura românească de specialitate sunt consemnate, în mod obișnuit, în fișe ecologice ale speciilor de interes forestier (e.g. Șofletea, 2008).

Există mai multe metode de evaluare a vulnerabilității ecosistemelor forestiere la modificările climatice. Exemple în acest sens sunt descrise de Locatelli et al. (2008), metodele fiind incluse în mai multe categorii:

- Metode și unelte generice:
  - Pentru analiza vulnerabilității în mod interactiv cu actorii din domeniu:
    - cartarea cognitivă;
    - valuări ale experților.
  - Pentru construirea unor modele empirice din observații:
    - meta analiza;
    - „data mining”.
  - Pentru diverse scopuri:
    - indicatori;
    - „fuzzy systems”;
    - analiza incertitudinii.
- Metode și unelte pentru evaluarea vulnerabilității ecosistemelor forestiere și a serviciilor ecosistemelor forestiere:
  - Modele ale proceselor ecosistemice parțiale:
    - pentru păduri gestionate;
    - pentru perturbații;
    - pentru servicii ecosistemice specifice.
  - Modele ecosistemice simple:
    - modele bioclimatice;
    - dinamica comunităților și peisajelor;
    - modele biogeochimice.
  - Modele ecosistemice integrate:

- modele de echilibru;
- modele dinamice.
- Metode și unelte pentru evaluarea vulnerabilității populației și sectoarelor dependente de silvicultură:
  - metode pentru analiza comportamentului și percepției actorilor;
  - metode pentru analiza instituțiilor și interacțiunilor dintre actori;
  - metode pentru simularea vulnerabilității.

Din păcate, nu există o metodologie agregată pentru evaluarea, atribuirea și cuantificarea vulnerabilității ecosistemelor forestiere la astfel de factori meteorologici și climatici, după cum nu există metodologiile operaționale de evaluare a modului în care va fi afectată populația. De exemplu, riscul de apariție a doborâturilor de vânt este, în general, greu de cuantificat și, uneori, de contextualizat. Doborâturile de vânt sunt, în esență, fenomene care s-au manifestat în ecosistemele forestiere încă din cele mai vechi timpuri. În România și în Europa, cele mai vulnerabile arborete la vânt sunt cele de molid. Vulnerabilitatea acestora depinde, însă, de caracteristicile solului, caracteristicile și tipul de înrădăcinare a diferitelor specii de arbori și, respectiv, de tipul de management aplicat în astfel de arborete. În general, doborâturile de vânt se manifestă atunci când forțele exercitate de vânt asupra arborilor (coroanelor) cauzează momente care depășesc rezistența la încovoiere a trunchiurilor sau cea de înrădăcinare. Forța exercitată asupra arborilor este direct proporțională cu viteza vântului, iar rezistența trunchiurilor arborilor este proporțională cu cubul razei secțiunii transversale (suprafeței de bază) a trunchiului, iar mecanica fenomenului doborâturilor de vânt este destul de complexă (Mitchell, 2013). Factorii care contribuie la doborâturile de vânt (Mitchell, 2013) sunt:

- frecvența, durata evenimentelor, viteza maximă a vântului și cantitățile de precipitații (intensitatea evenimentului);
- caracteristicile topografice;
- caracteristicile solului;
- condițiile de arboret (structură, vârstă, specie, dimensiunile arborilor etc.).

De asemenea, impactul doborâturilor de vânt este destul de complex (Gardiner et al., 2013) manifestându-se asupra:

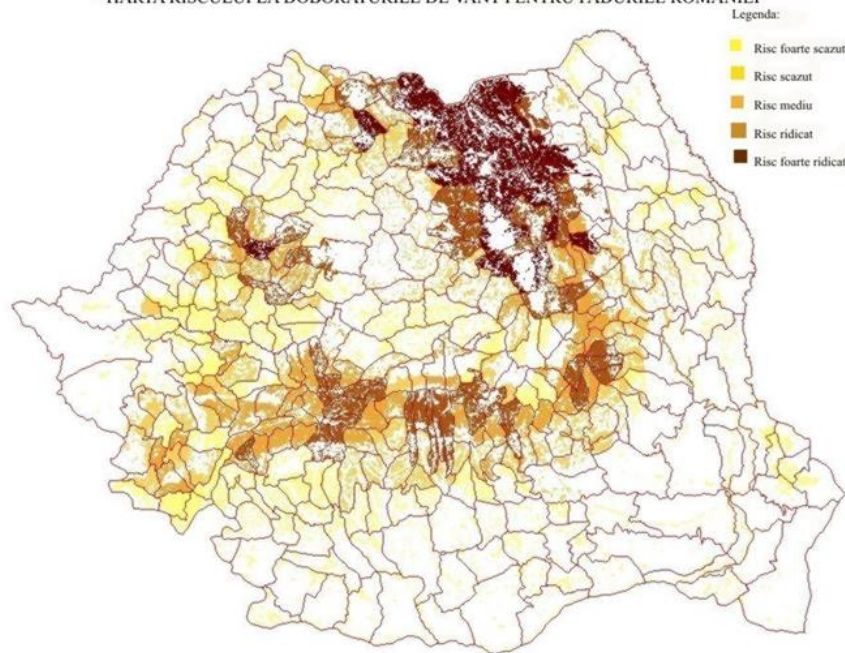
- balanței carbonului stocat în ecosistemele forestiere (atât în sol cât și în biomasă);
- economiei (impactul poate fi descris calitativ dar este dificil de cuantificat cantitativ);
- industriei și pieței de profil (prețurile lemnului procesat, aprovizionarea pe termen lung etc.);
- societății (atât pozitiv cât și negativ).

Predictibilitatea doborâturilor de vânt este greu de stabilit, deși se cunosc marea majoritate a factorilor care pot cauza astfel de fenomene. Pentru evaluarea riscului la doborâturi de vânt s-au descris mai multe categorii de metode și indicatori (Popa, 2009)

- principalele metode sunt metodele observaționale - care constau în analiza unor indicatori de risc specifici, metodele de experimentație mecanică - care constau în testarea rezistenței arborilor la acțiunea vântului și metodele statistice - care constau în utilizarea tehnicilor de analiză a regresiei în estimarea probabilității asociate doborâturilor produse de vânt în funcție de factorii staționali și de arboret;
- principalii indicatori de cuantificare a intensității și amplitudinii doborâturilor de vânt sunt volumul total de lemn calamitat, suprafața totală calamitată, probabilitatea de apariție a doborâturilor de vânt și procentul doborâturilor de vânt;

De asemenea, în România s-au elaborat hărți de risc la doborâturile de vânt ([http://www.icasbv.ro/?page\\_id=572](http://www.icasbv.ro/?page_id=572)) pe baza datelor istorice colectate din situația doborâturilor de vânt existentă la Regia Națională a Pădurilor, amenajamentele silvice, raportarea SILV3 și cronicile ocoalelor silvice (Figura 3.5.1).

HARTA RISCULUI LA DOBORATURILE DE VÂNT PENTRU PADURILE ROMÂNIEI



REALIZAT DE I.C.A.S. BRASOV: DINCA LUCIAN, CIOLOCA NINIS, BUJILA MIHAELA

Figura 3.5.1: Harta riscului de doborâturi de vânt. Sursa: [http://www.icasbv.ro/?page\\_id=572](http://www.icasbv.ro/?page_id=572)

În conformitate cu datele raportate de astfel de hărți ([http://www.icasbv.ro/?page\\_id=572](http://www.icasbv.ro/?page_id=572)), mai mult de 1,5 milioane de hectare de pădure au fost încadrate în categoria riscurilor foarte ridicate și ridicate de a fi afectate de doborâturi de vânt. Metodologia de cuantificare a riscurilor are la bază calculul unui indice al doborâturilor de vânt (Idv) utilizându-se formula<sup>8</sup>:

$$\text{Idv} = \text{Vol} : \text{Supraf} : \text{Nr. ani} \times 100.000,$$

unde:

Idv = indicele doborâturilor de vânt (mc/an/ha);

Vol = volumul doborâturilor de vânt (mii mc);

Supraf = suprafața ocolului silvic (ha);

Nr. ani = anii pentru care există date privind doborâturile de vânt;

100.000 = factor de corecție

Similar doborâturilor de vânt, rata mortalității arborilor și arboretelor depinde de interacțiunea dintre trăsăturile speciilor forestiere și condițiile staționale (inclusiv variația acestora) în care ele vegetează (Aubin et al. 2018). Mortalitatea și rata mortalității arborilor a fost relaționată cu seceta în context spațial pentru zone forestiere din Europa pentru care au existat date disponibile (Caudullo & Barredo, 2019). În general, evaluarea vulnerabilității ecosistemelor forestiere la schimbările climatice necesită date cantitative și calitative disponibile în context spațial. O astfel de metodologie a fost prezentată pentru ecosistemele forestiere mediteraneene de către Picard (2017). Metodologia ia în considerare imagini satelitare, scenarii climatice IPCC, și analize spațiale multifactoriale. Sistemele informatice geografice folosite au luat în considerare cinci categorii de factori pentru care s-au atribuit praguri și scoruri (de la 1 la 5). Categoriile de factori au fost următoarele:

- factori biofizici (panta terenului, expoziția terenului, adâncimea solului, tipul solului);
- factori climatici (precipitațiile anuale, temperatura aerului etc.);
- factori relaționați cu vârsta pădurilor (vârsta, clase de diametre);
- factori socio-economici (densitatea populației, densitatea zootehnică, factori legați de implementarea de politici);

<sup>8</sup> [http://www.icasbv.ro/?page\\_id=572](http://www.icasbv.ro/?page_id=572)

- factori relaționați cu incendiile (tipul de vegetație, distanțele până la drumuri, infrastructura de distribuție a energiei electrice și zone rezidențiale).

Factorii utilizați au fost ponderați, după care suma ponderată a scorurilor factorilor din fiecare categorie a fost definită drept indice de vulnerabilitate factorial obținându-se indicii celor cinci categorii de factori pentru fiecare locație luată în studiu. Ulterior, indicii de vulnerabilitate factoriali au fost categorizați în scoruri utilizându-se valori prag și au fost ponderați. Suma ponderată a scorurilor pentru cei cinci indicatori a fost definită drept indicele sintetic de vulnerabilitate (Figura 3.5.2). Prin utilizarea informației spațiale a factorilor, indicele sintetic de vulnerabilitate a fost cartat pentru fiecare loc de studiu iar extinderea pe scară temporală a fost bazată pe estimări previzionate ale factorilor.

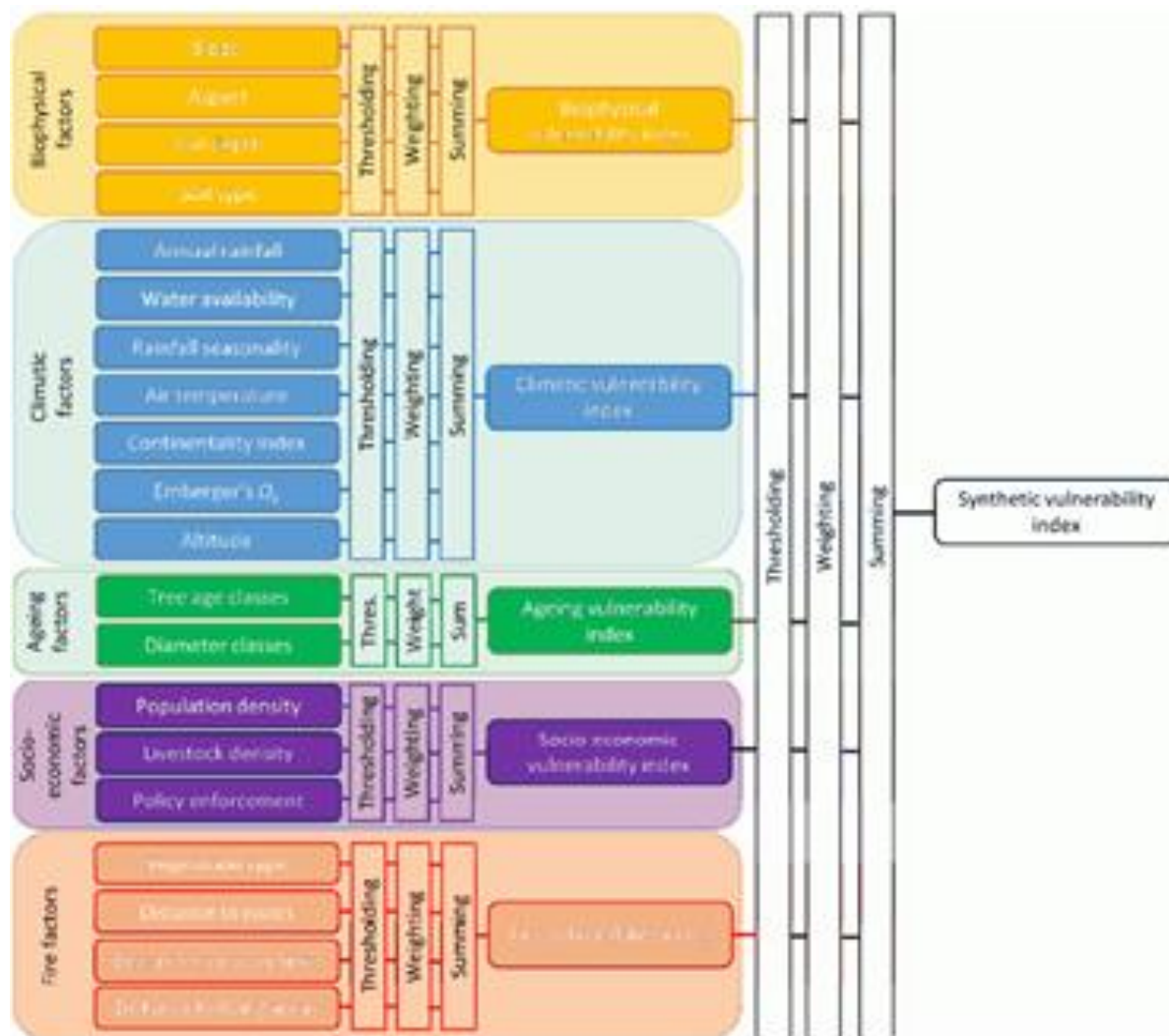


Figura 3.5.2: Cadrul de calcul a indicelui de vulnerabilitate prin utilizarea analizei spațiale multifactoriale (sursa: Picard, 2017)

În prezent, pădurile din România sunt încadrate în două mari categorii de proprietate: păduri proprietate publică a Statului și păduri proprietate privată. Cu toate acestea, în conformitate cu legea în vigoare, managementul forestier este unitar. Gestionarea pădurilor este strâns legată de elaborarea (revizuirea) unor amenajamente silvice care se implementează pentru o anumită perioadă dată, indiferent de tipul de proprietate.

Sub raport administrativ-teritorial, pădurile sunt organizate în unități de producție (protecție) care la nivel ierarhic inferior sunt, la rândul lor, organizate în parcele și subparcele. În mod obișnuit, unitățile de producție se integrează în administrarea administrativ-teritorială a ocoalelor silvice. În termeni simpli, parcelele sunt delimitate prin luarea în considerare a elementelor topografice



precum culmi și văi (zona montană sau de deal) și, respectiv, a unor suprafețe geometrice delimitate prin linii somiere/parcelare sau drumuri în zona de câmpie/luncă. Ca atare, unitatea de bază care caracterizează un anumit tip de ecosistem forestier este subparcela care, în termeni simpli, caracterizează o porțiune de pădure distinctă în cadrul unei parcele (uneori poate fi chiar o parcelă) ce include un anumit tip de arboret și de stațiune forestieră (Leahu, 2001), constituind, de asemenea, unitatea de bază la nivelul căreia se aplică managementul forestier (inclusiv realizarea de hărți amenajistice).

Din acest punct de vedere, precum și datorită faptului că informațiile amenajistice sunt disponibile la acest nivel de organizare administrativ-teritorială, contextualizarea teritorială ar trebui realizată la acest nivel. De asemenea, descrierea principalelor parametri meteorologici și climatici constituie un capitol aparte în amenajamentele silvice.

Ca atare, structura la nivelul căreia ar putea fi realizată contextualizarea teritorială ar putea fi de forma:

- informația cu privire la mediul fizico-geografic, disponibilă în descrierea parcelară la nivel de subparcelă: tip de sol, tip de stațiune, suprafață, altitudine, expoziție, configurație, panta terenului etc.;
- informația cu privire la vegetație, disponibilă la nivel de subparcelă în descrierea parcelară: tip de pădure, caracteristici dimensionale, tip de floră etc.;
- date și informație climatică: la rezoluția spațială cea mai fină posibilă, apropiată de cea administrativ-teritorială;
- date de management: disponibile în mod obișnuit ca anexă la descrierea parcelară cu privire la tipurile de lucrări aplicate și alte evenimente;
- date și informație cu privire la limitele ecologice ale speciilor forestiere.

Pe baza informațiilor prezentate anterior, ar trebui elaborată o metodologie care să reflecte obiectiv vulnerabilitatea ecosistemelor forestiere și care să integreze categoriile de factori prezentate. Un exemplu de referință poate fi cel descris de Picard (2017), care ar putea fi extins pentru condițiile românești prin integrarea adecvată sub raport cantitativ și calitativ astfel încât sistemul să delimiteze spațial riscurile și vulnerabilitatea ecosistemelor forestiere sub raportul mortalității, migrației speciilor, riscului de doborâturi de vânt, de incendii forestiere etc.

Sursele de date necesare, pe lângă cele climatice, pot să fie:

- amenajamentele silvice;
- inventarul forestier național;
- datele disponibile la Institutul Național de Statistică;
- raportările SILV.

Metodele de calcul pentru indicatorii climatici pe baza scenariilor climatice, corespunzător sectorului silvicultură, sunt prezentate în **Anexa 1** a raportului.

### 3.6. Turism și activități recreative

Metodologia de evaluare a vulnerabilității generale a activităților turistice la schimbările climatice

#### 3.6.1. Stabilirea variabilelor statistice și a indicatorilor pentru identificarea vulnerabilității activităților turistice la schimbările climatice; (identificarea elementelor la risc)

Pentru studiul actual, Institutul Național de Statistică este principalul furnizor de date statistice disponibile la nivelurile NUTS5/LAU (oraș și comună) și NUTS3 (județ) - Recensămintele populației și locuințelor (2011) și baza de date TEMPO ONLINE (1990-2020). În plus, sunt utilizate și diverse date și informații furnizate de Organizația Mondială a Turismului, Institutul Național pentru Cercetare și Dezvoltare în Turism (INCDT), Banca Mondială, EUROSTAT etc.

Este bine știut că utilizarea unui număr mare de indicatori diferiți poate fi mai confuză decât să aducă o anumită claritate (Sandhu-Rojon, 2015). Astfel, din punct de vedere metodologic, studiul

actual își propune să selecteze acei indicatori care oferă o imagine exactă privind vulnerabilitatea sectorului turistic la schimbările climatice.

Metodologia implică selectarea unor indicatori relevanți dintr-o bază de date bogată, nivelul teritorial utilizat fiind unitatea administrativ teritorială (comună/oraș).

Au fost selectați 8 indicatori statistici pentru a sublinia principalele componente pentru vulnerabilitatea turismului (Tabel 3.6.1).

Tabel 3.6.1: Indicatori de măsurare a vulnerabilității în sectorul turismului

	<b>Descriere (i), Sursa datelor (ii) unitatea de măsură (iii)</b>	<b>Acronim</b>
1. Capacitatea de cazare turistică în funcțiune pe tipuri de structuri de primire turistică, județe și localități 1990-2000 (2001-2020)	(i) Capacitatea de cazare turistică în funcțiune reprezintă numărul de locuri de cazare puse la dispoziția turiștilor de către unitățile de cazare turistică, ținând cont de numărul de zile cât sunt deschise unitățile în perioada considerată; (ii) INS TEMPOOnline; (iii) locuri-zile	<b>CAPAC-CAZARE</b>
2. Sosiri ale turiștilor în structuri de primire turistică pe tipuri de structuri, pe județe și localități 1990-2000 (2001-2020)	(i) în numărul turiștilor cazați în unitățile de cazare turistică se cuprind toate persoanele (români și străini) care călătoresc în afara localităților în care își au domiciliul stabil, pentru o perioadă mai mică de 12 luni și stau cel puțin o noapte într-o unitate de cazare turistică în zone vizitate din țară; motivul principal al călătoriei este altul decât acela de a desfășura o activitate remunerată în locurile vizitate; (ii) NIS, TEMPOOnline time series; (iii) număr persoane	<b>SOS-TUR</b>
3. Înoptări în structuri de primire turistică pe tipuri de structuri, județe și localități 1990-2000 (2001-2020)	(i) Înoptarea turistică este intervalul de 24 de ore, începând cu ora hotelieră, pentru care o persoană este înregistrată în evidența spațiului de cazare turistică și beneficiază de găzduire în contul tarifului aferent spațiului ocupat, chiar dacă durata de ședere efectivă este inferioară intervalului menționat ; (ii) INS TEMPOOnline; (iii) număr	<b>INNOP-TUR</b>
4. Salariații în turism (1990-2020)	(i) ponderea populației în activitățile turistice din totalul populației ocupate, (ii) INS; (iii) %	<b>OCUP-TURISM</b>
5. Ocuparea anuală a cazării	(i) Rata medie anuală de ocupare a unităților de cazare; (ii) INS TEMPOOnline; (iii) %	<b>OCUP-CAZARE</b>
6. Accesibilitatea rutieră	Accesibilitatea la nucleul TEN-T combinată cu accesibilitatea la diferite drumuri non-TEN-T (autostradă, drum european, național, județean); (ii) Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Administrației; (iii) unitate	<b>ACCES-RUTIERA</b>
7. Resurse turistice natural (potențial turistic natural)	(i) Indice complex ce ia în calcul poziția în cadrul unităților de relief, prezența elementelor speciale de geomorfologie, vegetație, faună sau hidrologie și gradul de atractivitate a peisajului; (ii) Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Administrației; (iii) unități	<b>RES-TOUR-NAT</b>

8. Resurse turistice antropice (potențial turistic antropic)	<p>(i) Index complex ce ia în calcul existența monumentelor istorice de interes național, muzee și colecții publice, artă și tradiție populară, instituții de divertisment, evenimente culturale</p> <p>(ii) Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Administrației;</p> <p>(iii) unități</p>	<b>RES-TOUR-ANTR</b>
--	---	----------------------

S-a ales sintetizarea datelor prin extragerea unui grup de variabile (numit componentă principală și obținut din combinațiile lineare ale variabilelor originare) împreună cu relațiile dintre acestea, pornind de la ipoteza existenței unei informații redundante în multitudinea de relații dintre variabile, informație care va fi înlăturată odată cu îndepărtarea anumitor variabile, urmând un algoritm specific. Cele 8 variabile vor fi reduse la componentele care explică cât mai adecvat varianța totală, luând în calcul corelațiile dintre variabile și eliminând variabilele redundante (foarte corelate) pentru a detașa variabilele necorelate (Abdi & Williams, 2010). Pentru gruparea variabilelor în componente am ales metoda Analizei Componentelor Principale (PCA) prin care dorim să reducem complexitatea din setul de date prin înlăturarea variabilelor slabe și reținerea variabilelor dominante (Cattell, 1966; Jolliffe, 2002). O astfel de transformare poate conserva o mare parte din entropie. În același timp, analiza componentelor principale evidențiază și fixează pattern-ul asocierilor (corelațiilor) dintre variabile. Analiza componentelor principale o vom utiliza ca etapă intermediară prin identificarea coliniarității.

### 3.6.2. Calculul claselor de vulnerabilitate

Pentru calcularea claselor de vulnerabilitate există două modalități de abordare:

- utilizarea unui indice compozit ponderat: presupune un anumit grad de subiectivitate al specialistului care acordă o importanță mai mare anumitor indicatori (Ceron & , 2000); Mayer, 2008; Singh et al., 2012; Salvati & Carlucci, 2014));
- utilizarea unui indice compozit neponderat: ia în considerare indicatorii ca având aceeași importanță în index menținând în același timp un echilibru între indicatori.

Din aceste considerente s-a optat pentru un indice compozit neponderat pentru calcularea claselor de vulnerabilitate. În același timp, utilizarea unui indice compozit în comparație cu utilizarea indicatorilor neagregați vizează crearea unei imagini de ansamblu a nivelului de durabilitate prin utilizarea unui singur set de date (Schuschny & Soto, 2009). Se consideră că un indice compozit este mai mult decât suma indicatorilor utilizați și oferă o imagine de ansamblu asupra situației analizate (Castro, 2002),

### Indexul Vulnerabilității turismului la schimbările climatice (IVT)

IVT va fi calculat ca scorul Hull, inițial variabilele cuantificate în diferite unități de măsură fiind standardizate. Astfel, a fost utilizată tehnica de normalizare minim-maxim (Ianoș, 1981; Mitrică et al. 2017; Dumitrașcu et al., 2018; Mitrică et al., 2020; Mocanu et al., 2020; Grigorescu et al., 2021; Mitrică et al., 2021).

$$IVT = 50 + 14 * (CAPAC-CAZARE + SOS-TUR + INNOP-TUR + OCUP-TURISM + OCUP-CAZARE + ACCES-RUTIERA + RES-TOUR-NAT + RES-TOUR-ANTR) / 8$$

IVT îndeplinește unele cerințe cheie în ceea ce privește selectarea variabilelor (de exemplu, relevanța pentru nivelul teritorial, disponibilitatea și continuitatea datelor, omogenitatea și scara spațială) și furnizarea unei analize exploratorii axate pe compoziția generală a indicatorilor integrați (Ianoș, 1981; Victora et al., 2011; Caramani, 2001; Michalek & Zarnekow, 2012; EC, 2013)). Statisticile nu sunt statice, sunt în continuă schimbare, seria de date fiind un fenomen dinamic. Având în vedere acest lucru, nevoile utilizatorilor de date sunt în creștere și metodele de producție pentru colectarea și compilarea statisticilor sunt expuse la evenimente sau dinamici externe [EUROSTAT 2021].

Totuși, pentru a detecta un impact specific în urma măsurilor luate, s-au utilizat și indicatorii simpli într-o Clasificare Ascendent Ierarhică (Torres-Delgado & Saarinen, 2014).

### **Metoda Clasificării Ascendent Ierarhice (CAI)**

Pe lângă utilizarea IVT, pentru a ierarhiza NUTS5/NUTS3, în funcție de nivelul de vulnerabilitate s-a utilizat Clasificarea Ascendent Ierarhică (CAI) pentru a grupa unitățile administrative teritoriale (în cazul de față comunele și orașele/județele) în funcție de valorile variabilelor. Unitățile administrative care prezintă valori asemănătoare ale variabilelor selectate ca fiind reprezentative sunt incluse în aceeași clasă, realizându-se în felul acesta tipologii teritoriale.

Bruynooghe în 1977, observă că folosind această tehnică de explorare a datelor (CAI) *se poate realiza cu ușurință o ierarhie exactă asupra unui vast ansamblu de date*. Metoda vecinilor reciproci care stă la baza includerii unităților administrative într-o clasă, pe de o parte, și diferențierii claselor, pe de altă parte folosește următorul algoritm: caută cuplurile de elemente vecine din ansamblul obiectelor de clasificat astfel încât fiecare element al cuplului să fie cel mai apropiat vecin al celuilalt element. Se adună, apoi, progresiv, elementele vecine reciproc în cadrul componentelor conectate (legături conjugate). În final, această metodă face să alterneze definirea unui graf de similaritate și construirea unui arbore binar prin integrări succesive, ca în cazul metodei grafurilor succesive (Bruynooghe, 1977; Benzécri, 1982; Șerban & Tălângă 2015; Mitrică et al., 2016; Mitrică et al., 2020; Mitrică et al., 2021).

O altă dificultate metodologică a evidențiat măsurarea statică sau dinamică a vulnerabilității turismului (Blancas et al., 2018). Măsurarea statică oferă informații cu privire la modul în care indicatorii utilizați sunt răspândiți pe întreg teritoriul, făcând astfel comparații între destinații/zonă turistice. Măsurarea dinamică a vulnerabilității evidențiază evoluția indicatorilor pentru o anumită destinație/zonă turistică și poate fi utilă în evaluarea direcției evoluției (accentuarea sau diminuarea vulnerabilității).

### **3.6.3. Evaluarea nivelurilor de vulnerabilitate a turismului la schimbările climatice**

În urma calculului IVT au rezultat diferite clase de vulnerabilitate a turismului la schimbările climatice la nivel de LAU/NUTS5 și NUTS3 (de la vulnerabilitate foarte mare la vulnerabilitate redusă).

În urma aplicării CAI asupra variabilelor selectate s-au diferențiat un număr de  $n$  clase, care reprezintă tot atâtea tipologii de NUTS5/NUTS3. Valorile fiecărei variabile au fost transformate în deviații standard față de media variabilei din zona de studiu. Cu ajutorul CAI se cunoaște în detaliu profilul unităților administrative locale. Știind care variabile produc dezechilibre în activitatea turistică, cunoașterea distribuției spațiale a acestora (prin intermediul CAI) dă posibilitatea țintirii acțiunilor decidenților într-un anumit spațiu.

Metodele de calcul pentru indicatorii climatici pe baza scenariilor climatice, corespunzător sectorului turism și activități recreative, sunt prezentate în Anexa 1 a raportului.

### **3.7. Urbanism și sisteme urbane**

Evaluarea vulnerabilității își propune să identifice caracteristicile sistemelor care influențează nivelul de risc derivat din structurile, managementul și tehnologiile inadecvate sau cauzate de factori economici, de mediu și sociali (Iglesias et al., 2009). Mai multe cercetări au încercat să efectueze metodologii de evaluare a vulnerabilității (Iglesias et al., 2009) bazate pe indicatori pentru capacitatea socială și economică de a face față la evenimentele extreme legate de schimbările climatice (Yohe & Tol, 2001) și să dezvolte diferite versiuni de indici pentru a cuantifica capacitatea de adaptare (Brenkert & Malone, 2005; Brooks et al., 2005; Ionescu et al., 2009; Hinkel, 2011).

Cercetarea cantitativă a vulnerabilității a fost dominată de utilizarea unor indicatori care diferă de la un studiu la altul, în funcție de aprecierile cercetătorului, de domeniul de aplicare, așezarea geografică a cercetării și de întrebările la care trebuie să se răspundă (Malone & Engle, 2011). La



nivelul sistemelor urbane, vulnerabilitatea poate fi evaluată ținând cont de nivelul socio-economic folosind metodologiile și rezultatele cercetărilor din studiile relevante privind adaptarea urbană la schimbările climatice dezvoltate de OMS și SEE (Swart et al., 2012; Timmerman et al., 2015). Comisia Europeană, în special, a elaborat indicatori care să sprijine evaluarea eforturilor de adaptare și a vulnerabilităților la nivel național. De exemplu, senzitivitatea (dimensiunea demografică, densitatea populației, ponderea persoanelor în vârstă - de 65 de ani și peste, ponderea copiilor mici - sub 5 ani și peste etc.); expunerea (suprafețele impermeabile etc.) și capacitatea de a face față la riscuri, inclusiv la cele de natură climatică (spații verzi, suprafețe acvatice - “blue areas”, aer condiționat, alimentare cu apă, canalizare etc.).

În România, o mare parte a literaturii de specialitate a fost dedicată principalelor caracteristici și consecințe ale fenomenelor climatice de risc (în special secetă, stres termic, valuri de căldură) aplicate sistemelor spațiale pe mai multe niveluri (de la național la local) din arealele urbane sau rurale (agricole). Studiile regionale s-au concentrat în general pe arealele cele mai afectate de de ariditate și secetă din România precum: sudul României în general (Ștefan et al., 2004) sau sud-vestul României, în particular (Dragotă et al., 2011; Peptenatu et al., 2013; Prăvălie, 2013; Marinică and Marinică, 2014; Constantin and Vatamanu, 2015; Prăvălie et al., 2016), Aria Metropolitană a Municipiului București (Grigorescu and Dragotă, 2011), Lunca Dunării (Grigorescu et al., 2013), estul României (Dascălu et al., 2016) sau Dobrogea (Tiscovschi et al., 2013; Prăvălie et al., 2014a; Bandoc and Prăvălie, 2015). Aceste studii dezvăluie aspecte particulare legate de cuantificarea, distribuția spațială și variabilitatea fenomenelor climatice de risc din semestrul cald în raport cu condițiile biofizice și socio-economice caracteristice fiecărei regiuni analizate. Problemele legate de stresul termic au fost, de asemenea, abordate în legătură cu impactul asupra utilizării terenurilor și a producției agricole (Sabău et al., 2002; Bălțeanu et al., 2013; Mateescu et al., 2013; Mitrică et al., 2013; Murărescu et al., 2014; Mitrică et al., 2015; Prăvălie et al., 2014b; Onțel și Vlăduț, 2015; Micu et al., 2017; Murărescu et al., 2017), a resurselor de apă (Corduneanu et al., 2016) sau a ecosistemelor forestiere (Prăvălie et al., 2014) Deosebit de importantă este și evaluarea schimbărilor în frecvența, persistența și magnitudinea stresului legat de căldură în arealele urbane (Micu et al., 2013), evaluarea valurilor de căldură (Papathoma-Koehle et al., 2016) sau a insulei de căldură și a efectelor în arealele urbane mari, precum București (Cheval et al., 2009; Cheval și Dumitrescu, 2015; Constantinescu et al., 2016), Cluj-Napoca (Herbel et al., 2018) sau Iași (Sfîcă et al., 2018).

Un număr redus de studii s-au ocupat de măsurile de adaptare (Sima et al., 2015; Sima et al., 2016), vulnerabilitatea socio-economică și de mediu la impactul secetei la nivel național (proiect RO-RISK) și local (Dumitrașcu et al., 2018; Grigorescu et al., 2021) sau vulnerabilitatea sănătății umane la temperaturile extreme de vară (Mocanu et al., 2021).

**Metodologia.** Progresul în evaluarea vulnerabilității socio-economice și de mediu și interesul crescut pentru dezvoltarea metodelor cantitative de evaluare au dus la o varietate de abordări pentru dezvoltarea indicilor (Tate, 2012). În general, studiile legate de vulnerabilitate publicate s-au bazat pe indicatori aleși subiectiv de către autori, pe baza unor ipoteze despre factorii și procesele care duc la vulnerabilitate, precum și pe analiza literaturii și înțelegerile intuitive ale interacțiunii om-mediu (Brooks et al., 2005). Astfel, unii dintre factorii care influențează *vulnerabilitatea socio-economică*, așa cum este acceptat și folosit de comunitatea științifică mai largă, includ vârsta, sexul, etnia, statutul socioeconomic (venit), calitatea așezărilor umane (de exemplu, tipul de locuințe și construcții, infrastructură), șomajul, structura rural/urbană a populației, educație, servicii medicale etc. (Cutter et al., 2003; Cutter and Emrich, 2006; Cutter et al., 2009; Flanagan et al., 2011; Hinkel, 2011; Tate, 2012; Siagian et al., 2014; Mitrică et al., 2016; Dumitrașcu et al., 2018). Acestea sunt adaptate în funcție de tipul de hazard și de particularitățile ariei examinate. Un cadru teoretic pentru elaborarea și calculul unui indice care să evalueze *vulnerabilitatea mediului* ține cont de trei aspecte ale vulnerabilității (risc, reziliență și integritatea/degradarea ecosistemului) care utilizează o varietate de indicatori precum modul de utilizare a terenului, degradarea solului,

precipitații, temperatură, populație, densitate, deșuri, vegetație etc. (Kaly et al., 2003, Johnson et al., 2012, Huaiyong et al., 2014).

Cercetarea de față utilizează o abordare empirică pentru evaluarea vulnerabilității **socio-economice și de mediu** care se bazează pe metodologia dezvoltată de Mocanu et al. (2021) și Grigorescu et al. (2021). Prin urmare, selectarea și ierarhizarea indicatorilor s-au făcut în funcție de relevanța lor pentru hazardele climatice luate în considerare (așa cum sunt acestea amănunțite la Pct. 1 din Raport - *i.* valori de căldură; *ii.* valori de frig/ger; *iii.* perioade cu precipitații abundente generatoare de inundații la scară locală și regională și *iv.* insula de căldură urbană, *v.* perioade cu vânt puternic), aprecierea experților, precum și disponibilitatea și acuratețea bazei de date. Autorii consideră scalele la nivel național, regional și local ca adecvate pentru o delimitare exactă a arealelor vulnerabile la fenomenul legat de stresul termic, precum și pentru identificarea localizării grupurilor social-vulnerabile (Fekete, 2009) și a arealelor vulnerabile din punct de vedere economic și ecologic pentru a sprijini autoritățile locale în procesul de luare a deciziilor pentru dezvoltarea strategiilor și programelor de adaptare la schimbări climatice. Metodologia actuală poate fi adaptată și aplicată oricărei regiuni afectate de variabilitate climatică, inclusiv fenomene meteorologice extreme.

Datele statistice utilizate pentru o astfel de abordare sunt datele disponibile la nivelul unității administrativ teritoriale care pot fi colectate din recensământul populației și locuinței (2011), precum și din TEMPO-Online publicat de Institutul Național al Statistică. **Indicele general al vulnerabilității socio-economice și de mediu a sistemelor urbane** (dezvoltat pe baza *indicelui de vulnerabilitate socio-economică și de mediu la stresul termic* (HSVI), Mocanu et al. (2021) și Grigorescu et al. (2021) implică mai multe etape:

- (a) **Identificarea hazardelor/riscurilor climatice caracteristice sistemelor urbane pe baza consultării literaturii de specialitate**
- (b) **Identificarea celor mai vulnerabile sectoare componente demografice și socio-economice ale sistemelor urbane**
- (c) **Construirea și cuantificarea *Indicelui general al vulnerabilității socio-economice și de mediu a sistemelor urbane* (I\_VULN\_URBAN)**

Această etapă se bazează pe analiza hazardelor/riscurilor climatice selectate relevante pentru sistemele urbane, așa cum reiese din analiza și integrarea spațială a indicatorilor climatici reprezentativi pentru variabilitatea climatică (incluzând evenimentele meteorologice extreme), așa cum sunt prezentate la Pct. 1.1 (*i.* valori de căldură; *ii.* valori de frig/ger; *iii.* perioade cu precipitații abundente generatoare de inundații la scară locală și regională și *iv.* insula de căldură urbană, *v.* perioade cu vânt puternic).

- **Selectarea indicatorilor**

Selectarea indicatorilor ia în considerare dimensiunile multiple ale vulnerabilității sistemelor urbane la fenomenele climatice de risc analizate, cât și factorii externi care ar putea să le influențeze. Cu toate acestea, selecția indicatorilor care trebuie incluși într-un indice compozit va fi rezultatul alegerii subiective, ținând cont de scopul acestui raport și de disponibilitatea și acuratețea datelor statistice specificate pentru fenomenul analizat (Niemeijer, 2002; Niemeijer și de Groot, 2008), în cazul de față variabilitate climatică, inclusiv fenomene meteorologice extreme. În general, indicatorii selectați se vor baza pe exemplele ilustrative care abordează problemele generale de vulnerabilitate la hazardele naturale (Adger, 2006; Cutter et al., 2003; Turner et al., 2003; Stângă & Grozavu 2012; Armas & Gavriș, 2013) sau cele legate de anumite fenomene climatice de risc, cum ar fi fenomenele și evenimentele legate de stresul termic (Alcamo et al., 200); (Iglesias & Garrido, 2005); Iglesias et al., 2009; Saniotis et al., 2015; El-Zein & Tonmoy, 2015; Mushore et al., 2017).

Validarea indicatorilor se va face folosind abordarea judecătorească a experților, unele dintre date fiind selectate pe baza unor focus grupuri (Nyumba et al., 2018) cât și a tehnicilor nominale (Khademi & Jamal, 2016, Hirsch et al., 2010) împreună cu specialiști din ANM, Inspectoratele Județene pentru Situații de Urgență (IGSU) și alți factori de decizie locali.

Setul de indicatori va fi împărțit în două subseturi (determinanți și subordonați), care ar trebui să fie exhaustivi și în același timp să se excludă reciproc (Thomas, 2002; Komjath & Totik, 2006) și ar putea influența diferit vulnerabilitatea socio-economică și de mediu și distribuția teritorială a acesteia. Prin urmare, fiecare indicator care va avea cele mai mari valori ale nivelului general de determinare (bazat pe scorul de influență și scorul de dependență conform metodologiei (Stângă & Grozavu, 2012; Mitrică et al. 2016), va fi menținut pentru analiza finală. Toți indicatorii vor fi egali ponderați în indicele final.

- **Construirea bazei de date.** Datele statistice (Institutul Național de Statistică, TEMPOnline și recensământul din 2011) au fost colectate la nivelul unităților administrative locale (LAU).
- **Normalizarea datelor** este o etapă necesară, deoarece variabilele indicatorilor statistici au fost calculate folosind diferite unități de măsură. Astfel, normalizarea datelor a fost făcută folosind tehnica de normalizare min-max (Ortega-Gaucin et al., 2018). Au fost utilizate două formule de normalizare, în funcție de influența indicatorilor asupra nivelului *ISEV-D*:

$Value_{ni} = (Value_{ri} - Value_{mini}) / (Value_{maxi} - Value_{mini})$  (pentru relația funcțională directă, i.e. ↑),

și

$Value_{ni} = (Value_{maxi} - Value_{ri}) / (Value_{maxi} - Value_{mini})$  (pentru relația funcțională inversă, i.e. ↓),

unde  $V_{ni}$  este valoarea normalizată a indicatorului "i",  $V_{mini}$  este valoarea minimă înregistrată de indicatorul "i" iar  $V_{maxi}$  este valoarea maximă înregistrată de indicatorul "i".

- **Integrarea indicatorilor în doi indici secundari** care combină indicele de vulnerabilitate socio-economică a sistemelor urbane (**I\_VULN\_SE\_URBAN**) cu indicele de vulnerabilitate de mediu a sistemelor urbane (**I\_VULN\_E\_URBAN**). Expunerea potențială și sensibilitatea sunt direct legate de vulnerabilitate (semnul "+"), în timp ce capacitatea adaptativă ajută la reducerea acesteia (semnul "-"). Astfel, fiecare indice secundar a fost calculat în funcție de expunerea potențială (EP), senzitivitatea (S) și capacitatea de adaptare (CA), exprimată prin următoarele ecuații:

$$(i) I_{VULN\_SE\_URBAN} = f(EP_{SE} + S_{SE} - CA_{SE}),$$

unde:

$EP_{SE} = 50 + 14 * (POP + AGR... +/- EP_{SEXSE}) / x_{SE}$ ; unde "  $x_{SE}$  " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea  $EP_{SE}$

$S_{SE} = 50 + 14 * (AGE + ROMA + EMPLOY\_AGR + UNEMPLOY - AGR\_INCOME - CONNECT\_WATER... +/- S_{SEYSE}) / y_{SE}$ ; unde "  $y_{SE}$  " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea  $S_{SE}$

$CA_{SE} = 50 + 14 * (WATER\_INFR + HEALTH + FIRST\_AID + IES + LITERACY... +/- CA_{SEZSE}) / z_{SE}$ . unde "  $z_{SE}$  " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea  $CA_{SE}$

Unde acronimele se regăsesc și au semnificația din Tabel 2.

$$(ii) I_{VULN\_E\_URBAN} = f(EP_E + S_E - CA_E)$$

unde:

$EP_E = 50 + 14 * (GREY - GREEN... +/- EP_{EXE}) / x_E$ ; unde "  $x_E$  " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea  $EP_E$

$S_E = 50 + 14 * (ARABLE + INHAB\_AREA... +/- S_{EYE}) / y_E$ ; unde "  $y_E$  " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea  $S_E$

$CA_E = 50 + 14 * (BLUE + FOREST + PROTECT... +/- CA_{EZ_E}) / z_E$ . unde "  $z_E$  " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea  $CA_E$ .

Unde acronimele se regăsesc și au semnificația din Tabel 2.

- **Integrarea indicatorilor în indice de *Indicele general al vulnerabilității socio-economice și de mediu a sistemelor urbane* (**I\_VULN\_URBAN**)**

$$(iii) I_{VULN\_URBAN} = (I_{VULN\_SE\_URBAN} + I_{VULN\_E\_URBAN}) / 2$$

## Diferențieri teritoriale și sectoriale ale gradelor de vulnerabilitate socio-economică a sistemelor urbane la fenomenele climatice de risc

În studiul care abordează vulnerabilitatea stării de sănătate a populației la fenomene extreme din sezonul cald, dintr-un areal/studiu de caz (sector dunărean româno-bulgar între Calafat-Vidin și Turnu Măgurele-Nikopol) (Mocanu et al., 2020), au fost reliefate caracteristicile locale ale stresului termic în ceea ce privește diferențele teritoriale dintre unitățile administrativ teritoriale. Așa cum indică Figura 3.7.1, expunerea și sensibilitatea la fenomenele extreme de vară sunt interconectate și dependente de interacțiunea dintre caracteristicile interne ale așezărilor rurale sau urbane și condițiile climatice percepute ca stimul climatic. În general, caracteristicile populației și ale (in)accesibilității la infrastructura de sănătate și personalul medical reflectă contextele sociale, economice, culturale, istorice și instituționale - așa-numiții „determinanți” ai expunerii și sensibilității (Smit & Wandel, 2006). La rândul lor, acești determinanți influențează pozitiv sau negativ capacitatea de adaptare a comunității. În sectorul dunărean analizat, ponderea populației în vârstă de 65 de ani și peste expusă fenomenelor extreme de vară crește sensibilitatea așezărilor și a comunităților în care trăiește această categorie demografică vulnerabilă și scade capacitatea de adaptare.

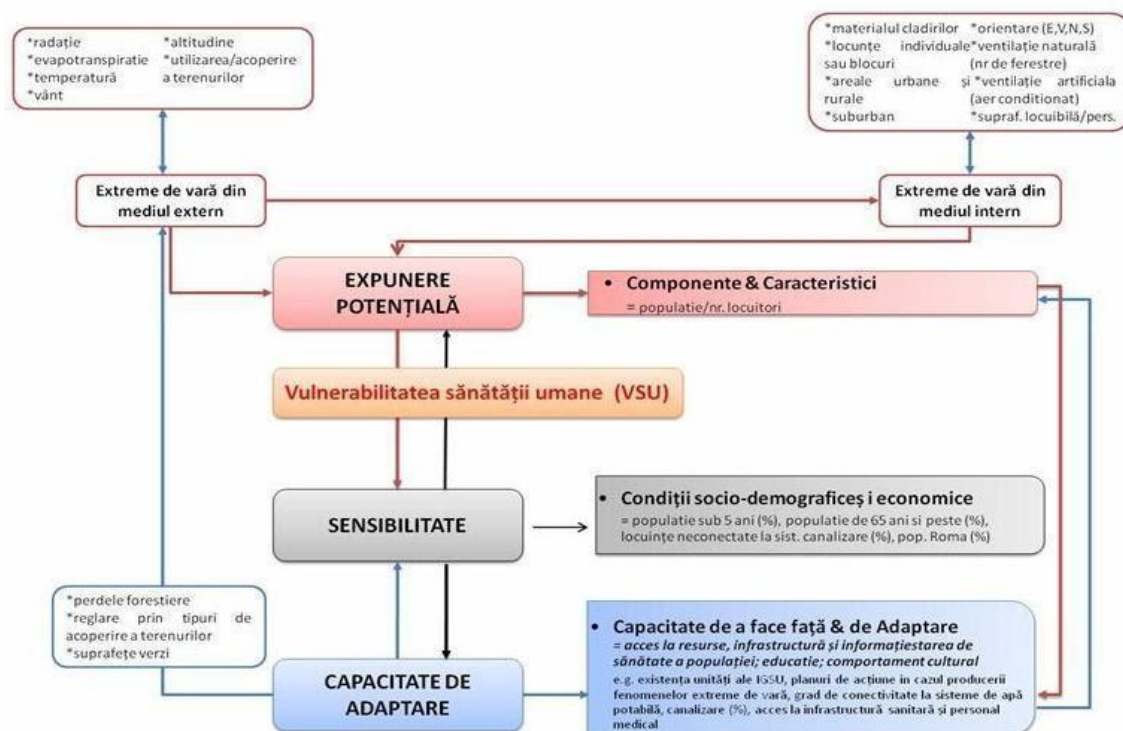


Figura 3.7.1: Conceptualizarea vulnerabilității sănătății umane la fenomene extreme de vară în sectorul dunărean dintre Calafat-Vidin și Turnu Măgurele-Nikopol (adaptat de Mocanu et al. (2020) pe baza (Wolf & McGregor 2013)).

În studiul care abordează vulnerabilitatea socio-economică și a mediului natural la fenomene extreme de vară din Aria Metropolitană București (Grigorescu et al., 2021), au fost luate în considerare trei dintre componentele vulnerabilității și fiecare dintre ele a fost diferențiată în două categorii: una care reflectă dimensiunea socio-economică și o a doua care o surprinde pe cea a mediului natural. Toate au fost analizate prin prisma unor indicatori selectați așa cum se arată, într-o manieră sintetică, în Tabel 3.7.1.

În raportul de față, se propune pentru analiza diferențierilor teritoriale ale vulnerabilității pentru sectorul-cheie “Sisteme urbane”, abordate într-o manieră care evidențiază domeniile principale ale sistemelor urbane, așa cum au fost selectate/propuse în Climate ADAPT. Este vorba despre “Sănătate și confort”, “Infrastructură (exclusiv transport)”, “Industrie”, “Transport urban”, “Energie



(eficiență energetică)”, “Clădiri”, “Infrastructură verde”, fiecare dintre acestea fiind abordate prin prisma riscurilor/hazardelor climatice selectate: valuri de căldură, valuri de frig/ger, inundații și insulă de căldură (Tabel 3.7.2).

Întreaga abordare depinde de disponibilitatea bazei de date statistice, astfel că sub-seturile de indicatori propuși pentru fiecare dintre componentele vulnerabilității vor fi adaptate corespunzător în vederea construirii setului final de indicatori folosiți pentru analiza diferențierilor teritoriale ale vulnerabilității sectorului-cheie “Sisteme urbane”.

Tabel 3.7.1: Indicatorii selectați pentru evaluarea vulnerabilității socio-economice și de mediu

Componentele vulnerabilității		Indicatorii	Descrierea (i), sursele de date (ii) și unitățile de măsură (iii)	Abreviere	Influența indicatorilor asupra vulnerabilității la stresul termic	Expresia finală a influenței
Expunerea potențială (PE)	Socio-economi că	1. Populația rezidentă permanentă	(i) numărul persoanelor cu cetățenia română și reședința permanentă (locuința principală, declarată pe cartea de identitate și înregistrată de organele administrative ale statului român) la nivel de LAU; (ii) INS, TEMPOnline; (iii) număr persoane	POP	If ↑ POP, VULN ↑	+
		2. Grupele de vârstă vulnerabile	(i) persoanele cu vârsta peste 65 de ani și copiii (între 0 și 10 ani); (ii) NIS, TEMPOnline; (iii) %.	AGE	If ↑ AGE, VULN ↑	+
		3. Terenuri agricole	(i) toate terenurile agricole (arabil, pășuni, pajiști, podgorii și pepiniere viticole, livezi și pepiniere pomicole) din registrele agricole; (ii) NIS, TEMPOnline; (iii) ha.	AGR	If ↑ AGR, VULN ↑	+

De mediu	4. Suprafețe impermeabile (grey areas)	(i) terenurile acoperite de suprafețe construite și utilizări legate de infrastructură (clădiri, drumuri, locuri de parcare) la nivelul LAU construite din beton, cărămizi, dale etc.; (ii) Urban Atlas Copernicus Land Service dataset (2012); (iii) %.	GREY	If ↑ GREY, VULN ↑	+
	5. Suprafețele verzi	(i) terenurile acoperite de „amprentă verde” în diferite procente, indiferent de structura sau funcționalitatea acestora (spații urbane verzi, pășuni, păduri și asociații de vegetație erbacee), precum și mici infrastructuri verzi izolate (arbori izolați, linii de copaci) la LAU nivel (ii) Urban Atlas Copernicus Land Service dataset (2012), Street Tree Layer (STL); (iii) %.	GREEN	If ↑ GREEN, VULN ↓	-
	6. Resursele de apă	(i) terenul acoperit de corpuri de ape statice sau dinamice de suprafață (de exemplu râuri, lacuri, iazuri); (ii) Urban Atlas Copernicus Land Service dataset (2012); (iii) %.	WATER	If ↑ WATER, VULN ↓	-

<b>Senzitivitatea (S)</b>	<b>Socio-economice</b>	<b>7. Populația română</b>	(i) ponderea populației române din totalul populației (ii) INS, Recensământ 2011; (iii) %.	ROMA	If ↑ ROMA, VULN ↑	+
		<b>8. Populația ocupată în agricultură, silvicultură și pescuit</b>	(i) ponderea populației ocupate în agricultură, silvicultură și pescuit din totalul populației; (ii) INS, Recensământ 2011; (iii) %.	EMPLOY_AGR	If EMPLOY_AGR ↑, VULN ↑	+
		<b>9. Rata șomajului</b>	(i) ponderea populației șomere din totalul populației (ii) INS, Recensământ 2011, TEMPOonline; (iii) %.	UNEMPLOY	If UNEMPLOY ↑, VULN ↑	+
		<b>10. Venitul din agricultură</b>	(i) ponderea veniturilor gospodăriilor exprimate în bani din agricultură înmulțită cu numărul populației ocupate din agricultură la nivelul LAU; (ii) calculate de autori pe baza Anuarului statistic 2017 și TEMPOonline, folosind o metodologie dezvoltată de Țurcănașu (2011); (iii) Lei/lună/LAU.	INCOME_AGR	If INCOME_AGR ↑, VULN ↓	-
		<b>11. Racordarea la rețeaua de apă potabilă</b>	(i) case conectate la rețeaua de alimentare cu apă potabilă (ii) INS, TEMPOonline; (iii) km de rețea apă potabilă/1,000 locuitori.	CONN_WATER	If CONN_WATER ↑, VULN ↓	-

	<b>De mediu</b>	<b>12.Terenurile arabile</b>	(i) terenurile arabile din registrele agricole, considerate cea mai valoroasă categorie de fonduri funciare; (ii) INS, TEMPOne; (iii) ha.	ARABLE	If ↑ ARABLE, VULN ↑	+
		<b>13.Suprafețele construite</b>	(i) suprafața totală a camerelor locuibile, măsurată după dimensiunile interioare; (ii) INS, TEMPOne; (iii) m <sup>2</sup> .	INHAB_A REA	If ↑ INHAB_AREA, VULN ↑	+
<b>Capacitate a de adaptare (AC)</b>	<b>Socio-economi că</b>	<b>14.</b> Racordarea la infrastructura de apă potabilă	(i) lungimea infrastructurii de apă potabilă/LAU (ii) INS, TEMPOne; (iii) km.	WATER_I NFR	If ↑ WATER_INFR, VULN ↓	-
		<b>15.</b> Servicii de asistență medicală oferite de infrastructura medicală	(i) infrastructura de asistență medicală prin de numărul de paturi de spital din fiecare LAU (ii) INS, TEMPOne; (iii) nr. paturi în spitale/1,000 locuitori.	HEALTH	If ↑ HEALTH, VULN ↓	-
		<b>16.</b> Farmacii	(i) farmaciile considerate puncte de prim ajutor /LAU; (ii) INS, TEMPOne; (iii) nr. farmacii/1,000 locuitori.	FIRST_AI D	If ↑ FIRST_AID, VULN ↓	-



		17. Servicii de avertizare și intervenție	(i) include Inspectoratele pentru Situații de Urgență (subunități ale Inspectoratului General Român pentru Situații de Urgență) o structură a Ministerului Administrației și Internelor; (ii) <a href="https://www.igsu.ro/">https://www.igsu.ro/</a> ; (iii) numărul Unităților pentru Situații de Urgență /1,000 locuitori.	IES	If ↑ IES, VULN ↓	-
		18. Nivelul de educație	(i) o rată înaltă de alfabetizare sugerează capacitatea de a înțelege informațiile de avertizare, crescând astfel pregătirea; (ii) NIS, Recensământul populației, 2011; (iii) % din alfabetizați/totalul populației cu vârsta de peste 10 ani.	EDUC	If ↑ EDUC, VULN ↓	-
		19. Managementul și adaptarea la stresul termic în agricultură	(i) măsuri pentru a face față stresului termic din agricultură (irigații); (ii) INS, TEMPOne; (iii) ha rețea irigații.	IRRIG	If ↑ IRRIG, VULN ↓	-
	<b>De mediu</b>	20. Suprafețe acoperite cu apă (blue areas)	(i) terenurile acoperite de corpuri de apă de suprafață statice sau dinamice (râuri, lacuri, iazuri) (ii) Urban Atlas Copernicus Land Service dataset (2012); (iii) %.	BLUE	If ↑ BLUE, then VULN ↓	-

		21. Suprafețe acoperite cu pădure	(i) terenurile acoperite cu pădure (ii) INS, TEMPOonline; (iii) ha.	FOREST	If ↑ FOREST, then VULN ↓	-
		22. Arii protejate	(i) terenurile acoperite cu arii protejate (rezervații naturale, situri Natura 2000) (ii) INS, TEMPOonline; (iii) ha.	PROTECT	If ↑ PROTECT, then VULN ↓	-

Sursa indicatorilor: European Commission, 2013, Forzieri et al., 2015; Stefano et al., 2015; Mocanu et al., 2021; Grigorescu et al., 2021

Tabel 3.7.2: Evaluarea vulnerabilității socio-economice și de mediu pe sectoare vulnerabile ale sistemelor urbane

Hazard/Risc	Sectoare vulnerabile*	Vulnerabilitate		
		Expunerea potențială	Senzitivitatea	Capacitatea de adaptare
Valurile de căldură	<i>Sănătate și confort</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Populația rezidentă permanentă</li> <li>- Suprafețele verzi (green areas)</li> <li>- Resursele de apă</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densitatea populației</li> <li>- Grupele de vârstă vulnerabile</li> <li>- Populația care lucrează în aer liber (ex, construcții, ADP)</li> <li>- Populația de etnie Rromă</li> <li>- Indicele de dezavantajare socială</li> <li>- Mediul locuit</li> <li>- Populația cu nevoi special</li> <li>- Utilizarea totală a apei (m<sup>3</sup>/loc/an)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicii de sănătate (nr. spitale, nr. paturi în spitale, nr. medici/1000 loc)</li> <li>- Farmacii</li> <li>- Servicii de avertizare și intervenție rapidă</li> <li>- Nivelul de educație</li> <li>- Arealele acoperite cu apă (blue areas)</li> <li>- Arealele acoperite cu pădure</li> <li>- Arii protejate</li> </ul>
Valurile de frig				

<p><b>Inundații</b></p> <p><b>Insula de căldură</b></p>	<p><b>Infrastructură</b> (exclusiv transport)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrastructura critică: alimentare cu apă, canalizare, rețele electrice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conectivitate la infrastructura de apă potabilă</li> <li>- Conectivitatea la infrastructura de canalizare</li> <li>- Lungimea rețelei de apă potabilă</li> <li>- Gradul de îmbătrânire al infrastructurii de canalizare, drenaj a mijloacelor de protecție împotriva inundațiilor și furtunilor și furnizarea de energie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modernizarea/adaptarea infrastructurii pentru asigurarea alimentării cu apă și energie în timpul vârfurilor de consum (răcire în verile „mai calde”, încălzirea în iernile „mai reci”)</li> </ul>
	<p><b>Industrie</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localizare industrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tip industrie</li> <li>- Tip producție (convențională)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tip producție (regenerabilă)</li> <li>- Filtre poluare</li> </ul>
	<p><b>Transport urban</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrastructura critică: drumuri, flota de transport public și privat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autoturisme (nr. autoturisme/loc, nr. total autoturisme)</li> <li>- Gradul de îmbătrânire al parcului auto public (nr. autobuze diesel)</li> <li>- Gradul de îmbătrânire al parcului auto privat (vechime autoturisme)</li> <li>- Densitatea rețelei de transport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transportul public inteligent (nr. autobuze hibride, electrice)</li> <li>- Sisteme de răcire/încălzire în mijloacele de transport public (autobuze, tramvaie)</li> <li>- Piste pentru biciclete, pasarele</li> <li>- Lungime front marin (unde se aplică)</li> </ul>
	<p><b>Energie</b> (eficiență energetică)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nr. blocuri reabilitate termic</li> <li>- Nr. certificate verzi</li> </ul>
	<p><b>Clădiri</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densitatea clădirilor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regimul de înălțime; material de construcție</li> <li>- Tipologii de locuințe (individuale, comune/blocuri de locuit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acoperișuri verzi</li> <li>- Proiecte de design creativ pentru a facilita ventilația și eficiența energetică (ex. case pasive)</li> </ul>

	<b>Infrastructură verde</b>		- Suprafețele impermeabile (grey areas)	- Acoperișuri verzi - Fațade verzi - Centura verde - Suprafețele verzi (green areas) - Arii protejate
--	-----------------------------	--	---	---

\*Selectate pe baza sectoarelor vulnerabile propuse în climate-ADAPT<sup>9</sup>

**Expunerea potențială (EP)** se referă la componentele biofizice (specii, ecosisteme) și socio-economice (de exemplu, oameni, infrastructură, active) care ar putea fi afectate de stimulii climatici, adică de secetă (Ortega-Gaucin et al., 2018). Poate fi influențată de factorii naturali, geografici, precum și de factorii socio-economici (Yuan et al., 2015).

**Expunerea socio-economică** poate fi măsurată cel mai bine cu ajutorul a două componente cheie: populația și agricultura. Populația influențează vulnerabilitatea generală a unei municipalități de a suferi în urma deficitului de apă, în special în arealele rurale. În arealele urbane, în afară de numărul de locuitori, densitatea populației va explica mai bine expunerea potențială în raport cu cerințele mai mari de amenajări legate de secetă atât pentru mediul interior, cât și pentru exterior (de ex. spațiul verde, consumul de energie).

**Expunerea de mediu** include condițiile climatice, modul de utilizare/acoperire a terenurilor și resursele de apă. Factorii climatici (de exemplu, temperaturile ridicate, cantități scăzute de precipitații, evapotranspirație ridicată) interacționează, în special, pentru a defini condițiile de bază ale apariției secetei. În plus, disponibilitatea resurselor de apă (subterane și de suprafață), în special deficitul de apă, vizează îmbunătățirea fenomenului de secetă și efectele aferente asupra agriculturii, consumului și sănătății umane.

Pe lângă componenta hidro-climatică, localizarea și topografia, pe de o parte și utilizarea/acoperirea terenului, pe de altă parte joacă un rol important în definirea expunerii potențiale a unei regiuni din punct de vedere biofizic.

**Senzitivitatea (S).** Caracteristicile socio-economice ale unei regiuni accentuează efectele negative ale fenomenelor climatice de risc la care este expusă. Sub interacțiunea complexă dintre factorii politici, sociali, economici și de mediu, efectele fenomenelor climatice de risc sunt în raport cu dimensiunea habitatului uman expus sau cu așa-numitele grupuri de populație sensibile (de exemplu, populația în vârstă, populația foarte tânără, populația de etnie romă, veniturile din agricultură). Factorii de mediu care sunt importanți pentru creșterea sensibilității sunt tipurile specifice de utilizare/acoperire a terenurilor, cum ar fi suprafețele extinse construite din arealele urbane și suburbane și terenurile arabile predominante în teritoriile rurale înconjurătoare. Spre deosebire de arealele rurale, orașele au un stoc mai mare de clădiri și materiale de infrastructură care înmagazinează căldura (Timmerman et al., 2015). Cu toate acestea, în comparație cu expunerea, sensibilitatea este mai probabil să se schimbe în urma unor îmbunătățiri specifice (de exemplu, o creștere a eficienței consumului de apă a agriculturii va reduce sensitivitatea (Yuan et al., 2015).

**Senzitivitatea socio-economică.** Unele studii (Cutter et al., 2003; Haki et al., 2004; Schneiderbauer, 2007; Rufat et al., 2015) au evidențiat populația în vârstă ca unul dintre cele mai vulnerabile grupuri din cauza mobilității reduse și/sau a sănătății precare, crescând astfel nevoia acesteia de a fi asistată. În plus, literatura științifică axată pe impactul legat de schimbările climatice subliniază, de asemenea, că riscurile existente vor fi amplificate în cazul evenimentelor meteorologice extreme în cazul copiilor sub 10 ani, deoarece diferă de adulți prin caracteristici fiziologice, comportamentale, capacitate de îngrijire de sine, crescând astfel sensibilitatea lor la undele de căldură (Xu et al., 2014) fără a avea control direct asupra mediului în care trăiesc (Stanberry et al., 2018, Patz and Thomson, 2018).

<sup>9</sup> <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-2-3>



**Senzitivitatea de mediu.** Temperaturile maxime ridicate ale suprafeței (în special în perioada vegetativă timpurie) sunt similare cu solul dezgolit, încălzindu-se astfel mai repede decât solul acoperit cu vegetație (Walawender et al., 2014), ceea ce duce la creșterea LST care îmbunătățește efectele de stres termic. Senzitivitatea de mediu depinde în mare parte de utilizarea/acoperirea terenurilor și de caracteristicile suprafeței subiacente în relație cu fenomenele termice la care sunt expuse (secetă, valuri de căldură). În general, aceste suprafețe (arabile și/sau impermeabile) pot accentua efectele fenomenelor termice, crescând astfel sensibilitatea de mediu la stresul termic.

**Capacitatea de adaptare (CA)** se referă la caracteristicile unui sistem de a se adapta la un potențial stres (adică legat de căldură), care variază de la caracteristicile intrinseci (de exemplu, sănătate, suprafețe acoperite cu apă, arii protejate) la măsurile întreprinse pentru a atenua impacturile socio-economice și de mediu asociate.

**Capacitatea de adaptare socio-economică** poate include infrastructura publică de alimentare cu apă care influențează capacitatea de atenuare, de a profita de oportunități sau de a face față deficitului de apă și dezechilibrului din ce în ce mai mare al utilizării apei în arealele urbane în urma stresului termic; serviciile medicale oferite de infrastructura medicală la nivel înalt (de exemplu, spitale, clinici); farmaciile considerate unități de asistență medicală de prim ajutor în cazul expunerii legate de stres pentru sănătate, în special în arealele rurale și sau LAU unde infrastructura medicală la nivel înalt (spitale) este inaccesibilă sau este greu accesibilă; serviciile de avertizare și intervenție rapidă reprezentate de Inspectoratele pentru Situații de Urgență sunt subunități ale Inspectoratului General Român pentru Situații de Urgență, o structură a Ministerului Administrației și Internelor; nivelul de educație legat de statutul socio-economic - o rată ridicată de alfabetizare sugerează capacitatea de a utiliza, citi și de a înțelege informațiile de avertizare și permite accesul la informații valoroase cu privire la abordarea efectelor provocate de stresul termic. Mai mult decât atât, conștientizarea și cunoștințele legate de efectele stresului termic la toate vârstele și la toate nivelurile de educație îmbunătățesc pregătirea și capacitatea de a preveni bolile legate de căldură sau frig (Grigorescu et al., 2021).

**Capacitatea de adaptare a mediului.** Poate include indicatori precum: suprafețele acoperite de ape/blue areas (râuri, lacuri) asigură răcirea prin evaporare, contribuind astfel la creșterea confortului termic în timpul verii (Theeuwes et al., 2013; Völker et al., 2013). În orașele mari, în special, corpurile de apă sunt considerate un factor eficient în atenuarea UHI (Cai et al., 2018); suprafețele acoperite cu pădure au un rol esențial în moderarea efectelor fenomenelor legate de căldură sau inundații. În afară de spațiile verzi, care includ în general parcuri și copaci, cele forestiere, datorită compacității, extinderii și compoziției speciilor, asigură un efect de răcire pe teritoriile mai mari, moderând mai multe componente de mediu (de ex. aer, sol). Spațiile verzi, în general, și cele forestiere, în special, joacă un rol important în creșterea capacității de adaptare a mediului în special în arealele urbane, prin unele efecte și acțiuni pozitive, precum: reducerea impactului valurilor de căldură și secetei, îmbunătățirea sănătății și condițiile de viață ale locuitorilor, în special în arealele dens populate, cu un grad crescut de impermeabilitate (soluri sigilate); ariile protejate, prin măsurile lor specifice de management, asigură păstrarea componentelor naturale de mediu (spații verzi și albastre) cu semnificație pentru a modera arealele afectate de stresul termic.

În arealele urbane, aceste caracteristici climatice se combină cu densitățile mari de populație, suprafețele construite continuu, poluarea indusă de trafic, lipsa/acoperirea cu vegetație redusă etc. Arealele urbane sunt extrem de dinamice sub presiunile crescute ale proceselor de creștere a populației, de urbanizare și chiar de suburbanizare. Aceste procese sunt vizibile în principal în expansiunea, structura și modelul țesutului urban și modul în care acesta interacționează cu clima, ceea ce duce la definirea climatului urban. Clima urbană este caracterizată în general de unele caracteristici particulare, cum ar fi stresul termic, umiditatea și poluarea, care pot afecta semnificativ sănătatea și bunăstarea umană. Drept urmare, răspunsul orașelor în ceea ce privește eficiența și întreținerea clădirilor și spațiilor verzi, utilizarea spațiilor publice, disponibilitatea

sistemelor de îngrijire medicală etc. sunt esențiale în managementul durabil și în planificarea strategică pentru a avea mai mult orașe durabile. Ca răspuns la toate eforturile de atenuare și adaptare la schimbările climatice din orașe, Comisia Europeană încurajează acțiunile orașelor prin

Use the "Insert Citation" button to add citations to this document.  
intermediul inițiativei intitulată „Mayors Adapt Initiative”, care permite orașelor să se angajeze să adopte strategii locale de adaptare și activități de conștientizare.

### 3.8. Biodiversitate

Modificările climatice reprezintă o amenințare la nivel global pentru biodiversitate și sistemele ecologice. Acestea au impact la nivelul speciilor cât și la nivelul interacțiunilor dintre acestea și habitatele lor, ceea ce determină schimbări ale structurii și funcționării ecosistemelor și implicit ale serviciilor pe care sistemele naturale le furnizează societății umane (Díaz et al., 2019). Deși impactul schimbărilor climatice este răspândit, acesta nu este uniform iar răspunsurile sistemelor biologice la acesta variază în funcție de timpul de expunere la stresorul de natură climatică, sensibilitate și capacitatea adaptativă (Kovach et al., 2019).

Răspunsurile comportamentale ale speciilor la schimbările climatice pot surveni în urma creșterii temperaturii și se manifestă la nivel populațional sau cel al speciei precum schimbări ale distribuției indivizilor sau declinul efectivului populațional (Beever et al., 2017). Schimbările morfologice se manifestă de obicei la nivelul modificării dimensiunii corpului (Cheung et al., 2013) (ex: temperaturile mai mari sunt asociate cu reducerea mărimii corpului și creșterea anvergurii aripilor pentru speciile de păsări migratoare; temperaturile mai mari ale apei pot duce la creșterea ratelor metabolice ale organismelor dar o micșorarea a dimensiunii corpurilor) (Weiskopf et al., 2020).

Schimbările climatice produc modificări pe scară largă la nivelul distribuțiilor speciilor și sistemelor ecologice terestre și acvatice. Modificarea arealului diferitelor specii și sisteme ecologice are loc pe scară largă. Deși majoritatea predicțiilor modificării arealelor se fac pe baza creșterii temperaturii, microclimatele, topografia și utilizarea terenului sunt elemente ce trebuie luate în calcul pentru o mai bună acuratețe a predicțiilor (Weiskopf et al., 2020). Schimbările survenite la nivelul sistemelor ecologice ca urmare a modificărilor climatice sunt datorate impacturilor directe ale variației valorilor parametrilor climatici și ale răspunsurilor nivelurilor speciilor și populațiilor la aceștia (Jay et al., 2018).

La nivelul serviciilor ecosistemice de producție, schimbările climatice pot avea efecte asupra bazinelor hidrografice prin intermediul creșterii temperaturii, modificarea regimului de precipitații etc., reducând capacitate de furnizare cu apă potabilă, cu produse agricole precum și cu energie către sistemele socio-economice (Barnett et al. 2008). Schimbările climatice diminuează capacitatea ecosistemelor de a regla distribuția, abundența și ciclurile de viață ale organismelor ce pot fi purtătoare de patogeni prin intermediul modificării arealelor speciilor și ecosistemelor (Weiskopf et al., 2020). Serviciile ecosistemice de suport facilitează funcțiile sistemelor ecologice, precum producția primară, circuitul nutrienților și menținerea diversității genetice. Creșterea temperaturii determină intensificarea descompunerii materiei organice, crescând potențial rata circuitului carbonului și modificând raportul C:N din sistemele ecologice. Aceste schimbări sunt influențate de către interacțiunile biotice, în special de structura comunităților microbiene din sol (Crowther et al. 2011). Serviciile culturale sunt impactate de către creșterea frecvenței fenomenelor extreme precum a furtunilor ce pot duce la o descreștere a sănătății mentale și fizice umane (Obradovich et al., 2018).

### 3.9. Populație

#### 3.9.1. Sănătate publică

Vulnerabilitatea populației reunește caracteristicile unui individ, ale unui grup/comunitate sau a situației în care acesta/aceasta se află. Trăsăturile specifice pot influența capacitatea de a anticipa, de a face față, de a se adapta și de a-și reveni în urma producerii unui eveniment de tip hazard

(Turner et al., 2003; Adger et al., 2004; Birkmann & Wisner, 2006; Adger, 2006; Gaillard et al., 2010). Expunerea potențială (gradul în care populația este expusă unor hazarde), sensibilitatea (gradul în care componenta demografică este sensibilă la hazarde), capacitatea de a face față (înzestrări care contribuie la gestionarea pe termen scurt a evenimentului de tip hazard) și capacitatea de adaptare (caracteristici/abilități ale populației de a se acomoda la schimbările de mediu, de a atenua daunele și de a face față consecințelor) reprezintă componentele de care este dependent gradul de vulnerabilitate a populației (Turner et al., 2003; Adger, 2006).

Vulnerabilitatea populației în fața variabilității climatice (inclusiv diferite tipuri de fenomene meteorologice extreme) prezintă diferențieri teritoriale, induse atât de elementul demografic (care are caracteristici cantitativ-calitative diferite de la un areal geografic la altul), cât și de componenta climatică - și acesta cu specific tipologic și de intensitate/frecvență diferite de la un areal la altul. Diferențierea spațială se remarcă la diferite paliere teritoriale, de la nivelele continental, național și regional, la cel mai "fin" nivel teritorial, cum ar fi cel al gospodăriilor și/sau al familiilor ((Downing & Bakker, 2000)). În general, nivelul superior (ex. global, național) ascunde unele caracteristici ale vulnerabilității, care pot să fie remarcate numai prin analize la nivele teritoriale inferioare (ex. regional și, mai ales, local) (Adger et al., 2004); O'Brien et al., 2004; Lioubimtseva, 2014).

Metodologia de evaluare a vulnerabilității populației la variabilitatea climatică prin construirea și calcularea unui indice (I\_POP\_VULN\_CLIMA = indicele vulnerabilității populației la variabilitate climatică), propusă pentru acest raport, s-a bazat pe studii și cercetări realizate atât la nivel național, cât și internațional (VULMIN, 2013<sup>10</sup>; Iglesias et al., 2007); Iglesias et al., 2009; Ortega-Gaucin et al., 2018); Dumitrașcu et al., 2018; Mocanu et al. 2020; Lupu, 2020; Grigorescu et al., 2021). Metodologia presupune parcurgerea următoarelor etape:

### 3.9.1.1. Identificarea/selectarea categoriilor de populație vulnerabilă

În literatura de specialitate, cele mai frecvent citate caracteristici demografice care delimitează categorii de populație vulnerabilă în fața unor tipuri de hazarde sunt: vârsta, sexul, apartenența la o etnie, la un grup de migranți (ex. persoane migrante recent) și la familii mono-parentale (Rufat et al., 2015).

**Populația din grupele de vârstă mici (<5 ani sau <10 ani) și mari (>65 ani sau >70 ani)** prezintă vulnerabilitate rezultată în mod special din mobilitatea spațială mai redusă ((Cutter et al., 2003; Haki et al., 200; Schneiderbauer, 2007). Dat fiind acest fapt, crește responsabilitatea îngrijirii acestor categorii de persoane (situație care este, la rândul său, și un posibil rezultat al afectării serviciilor medicale - (Green et al., 2007; Jonkman et al., 2009; Tunstall et al., 2006). Evenimentele extreme, inclusiv cele climatice, pot fi cauzatoare de efecte negative mai semnificative (efecte disproporționate - Hames & Vardoulakis, 2012)) asupra copiilor și vârstnicilor, decât cele avute asupra persoanelor din grupele de vârstă adultă/matură. Acest fapt poate avea urmări asupra impactului potențial, care se poate nu doar agrava (mări), ci se poate și multiplica la nivelul dezvoltării personale a celor afectați (Grantham-McGregor et al., 2007) (ex. întâzieri în stadiile dezvoltării psihice și fizice, dificultăți comportamentale - Norris et al., 2002).

Influența structurii pe sexe a populației asupra vulnerabilității este vizibilă atât în state dezvoltate (Steinführer & Kuhlicke, 2007), cât și în cele în curs de dezvoltare (Rofi et al., 2006) și vizează **femeile**, din cauza accesului mai limitat la resurse și servicii (financiare, de informare, educaționale etc.), diferențelor în ceea ce privește oportunitățile sociale, economice, ocupaționale/profesionale în sectorul formal al economiei, ceea ce implică și diferențe ale veniturilor. Femeile și persoanele în vârstă sunt considerate categorii de populației vulnerabile, dar date istorice, așa cum sunt cele despre inundații de exemplu, indică faptul că și tinerii (Ashley & Ashley, 2008; Lowe et al., 2013)), precum și persoanele cu vârste intermediare sunt vulnerabile din diferite cauze (ex. comportament riscant în timpul producerii inundațiilor (Doocy et al., 2013), activități de salvare îngreunate din

<sup>10</sup> <http://www.igar-vulmin.ro> (Vulnerabilitatea așezărilor și mediului la inundații în România în contextul modificărilor globale ale mediului – VULMIN)

cauza deprecierei temporare a capacității de acțiune din cauza consumului de alcool sau droguri (Jonkman & Kelman, 2005).

**Persoanele cu probleme de sănătate fizică sau psihică** au o capacitate mai mică de a acționa, din cauza constrângerilor fizice, a gradului mai redus de conștientizare, și/sau din cauza schimbărilor de comportament (“UK Climate Change Risk Assessment”, 2017).

**Persoanele cu mobilitate redusă sau care locuiesc în zone cu accesibilitate mai redusă** din punct de vedere al serviciilor și diferitelor tipuri de infrastructură (de transport, de alimentare cu apă, energie, infrastructură socială – sănătate, educație, asistență socială, etc.) tind să aibă o capacitate mai mică de a răspunde și de a se recupera. Perioadele de reacție și de refacere sunt de mai lungă durată (nu se pot baza pe capacitățile proprii și pot căuta mai greu ajutor de la alții).

O altă categorie de populație vulnerabilă în fața variabilității climatice o reprezintă **persoanele care locuiesc în habitate de locuire mai expuse** (ex. cartiere mărginașe, locuințe care nu îndeplinesc standarde decente de trai). Totodată, vulnerabilitatea este accentuată de posibilitatea redusă sau de imposibilitatea asigurării locuințelor și a bunurilor în cazul producerii unui eveniment de tip hazard (inclusiv climatic). Tipul și amplasarea locuinței pot induce diferențieri ale modului în care persoanele/comunitățile experimentează intensitatea impactului climatic. În cazul arealelor urbane, fragilitatea fizică a habitatului locuirii se suprapune, în cartierele marginalizate social (în multe dintre cazuri, dublată și de marginalizare spațială - ((Vâlceanu & Zulaica., 2013.); Swinkels et al., 2013; Suditu & Vâlceanu, 2013), cu sensibilitatea ridicată cauzată de lipsa spațiilor verzi. Acest fapt reduce capacitatea de adaptare (Grigorescu et al., 2021) în cazul producerii unor fenomene meteorologice extreme, cum ar fi valurile de căldură (Cutter et al., 2003).

**Apartenența la o etnie și migranții recenți**, încă neintegrați, pot impune bariere lingvistice și culturale, care, uneori, implică și localizarea rezidențială în areale expuse hazardelor și un acces mai redus sau inexistent la resursele pentru recuperare post-dezastru (Cutter et al., 2003).

În raportul de față, pentru evaluarea vulnerabilității populației la variabilitatea climatică, pe baza selecțiilor realizate în cadrul studiilor internaționale menționate anterior și în funcție de disponibilitatea bazei de date/indicatori statistici avută la dispoziție (Institutul Național de Statistică, baza de date Tempo-Online, <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table> și Direcțiile Județene de Statistică), s-au selectat următoarele categorii demografice:

- Populația din grupele de vârstă mici (0-5 ani și/sau 0-10 ani);
- Populația din grupele de vârstă mari (<65 ani);
- Populație care locuiește în areale cu accesibilitate mai redusă la serviciile oferite de unele dintre sectoarele-cheie (ex. cu acces redus la rețea de transporturi, în afara ariilor de influență urbană, cu acces sau fără acces la rețeaua de alimentare cu apă);
- Populație dependentă economic de activități potențial expuse la schimbări climatice (ex. agricultură, construcții);
- Populație de etnie Romă.

Fiecare categorie este reflectată în unul sau mai mulți indicatori statistici care sunt utilizați și integrați pentru calcularea indicilor secundari de vulnerabilitate a populației la riscuri climatice precum și a indicelui final. Menționăm că întregul demers metodologic se va desfășura în strânsă legătură cu disponibilitatea datelor statistice.

### 3.9.1.2. Stabilirea variabilelor statistice și a indicatorilor pentru identificarea vulnerabilității populației la schimbările climatice

Se va realiza în funcție de disponibilitatea bazei de date/indicatori statistice avută la dispoziție la nivel teritorial de unitate teritorial-administrativă locală (LAU sau NUTS 5) (Institutul Național de Statistică, baza de date Tempo-Online, <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table> și a Direcțiilor Județene de Statistică), așa încât indicatorii propuși în cele ce urmează vor mai fi modificați/adaptați în funcție de disponibilitatea bazei de date.



Totodată, se iau în considerare componentele vulnerabilității, de care este dependent gradul de vulnerabilitate a populației (Turner et al., 2003; Adger et al, 2007), și anume: expunerea potențială, sensibilitatea, capacitatea de a face față la variabilitate climatică și capacitatea de adaptare la aceasta, inclusiv la fenomene meteorologice extreme. Astfel, selecția propusă este următoarea:

### **EXPUNEREA POTENȚIALĂ (I\_EXP\_POP)**

**POP\_EXP** = nr. persoane cu domiciliul în LAU aflate în areale delimitate ca fiind expuse la riscuri climatice, așa cum au fost acestea menționate la Pct. 1.1 (*i.* valuri de căldură; *ii.* valuri de frig/ger; *iii.* perioade cu precipitații abundente generatoare de inundații la scară locală și regională și *iv.* perioade cu viscol etc.)

### **SENSIBILITATEA GENERALĂ (I\_S\_POP\_gen):**

**POP\_COPII** = % populația din grupele de vârstă mici (0-5 ani și/sau 0-10 ani) din total populație cu domiciliul în LAU;

**POP\_VÂRSTNICI** = % populația din grupele de vârstă mari (peste 65 ani) din total populație cu domiciliul în LAU;

**POP\_NU\_ACCES\_TERIT** = nr. persoane din LAU cu % suprafață acoperită de căi de comunicații și căi ferate din total fond funciar sub pragul marcat prin valoarea “media națională” a indicatorului;

**ROMA** = % populație de etnie Romă din total populație;

**POP\_NU\_CAB\_MED** = nr. persoane din LAU cu nr. cabinete medicale de familie și de medicină generală/1 000 locuitori sub pragul concretizat prin valoarea “media națională” a indicatorului.

### **Sensibilitatea la valuri de căldură (I\_S\_POP\_cald):**

**POP\_AGR** = % populație ocupată în agricultură, silvicultură și pescuit din total populație ocupată;

**POP\_CONSTR** = % populație ocupată în construcții din total populație ocupată.

### **Sensibilitatea la valuri de frig/ger + viscol (I\_S\_POP\_rece):**

**POP\_CONSTR** = % populație ocupată în construcții din total populație ocupată;

**POP\_INCALZIRE\_NESIGUR** = nr. persoane din LAU cu % locuințe fără încălzire centrală din total locuințe, peste pragul concretizat prin valoarea “media națională” a indicatorului;

**POP\_LOC\_NESIGUR** = nr. persoane din LAU cu % clădirilor construite din lemn și paiantă, din total clădiri rezidențiale peste pragul concretizat prin valoarea “media națională” a indicatorului.

### **Sensibilitatea la inundații generate de perioade cu precipitații abundente (ISPOP\_inundații):**

**POP\_LOC\_NESIGUR** = nr. persoane din LAU cu % clădirilor construite din lemn și paiantă, din total clădiri rezidențiale peste pragul redat prin valoarea “media națională” a indicatorului.

**CAPACITATEA DE A FACE FAȚĂ (I\_CAPACIT\_POP)** include înzestrări/abilități ale indivizilor/comunităților/sistemelor de a gestiona situațiile de risc. Capacitatea de a face față riscurilor, inclusiv a celor naturale, necesită o conștientizare continuă, resurse și o bună gestionare, atât în perioadele normale, cât și în timpul desfășurării acestora

(<https://www.undrr.org/terminology/capacity>). Capacitatea de a face față riscurilor climatice este diferită în funcție de tipul de risc climatic dar și de reperul temporal avut în vedere. De exemplu, în cazul secetei poate să existe o capacitate de a face față pe termen scurt, dar trebuie să fie luată în considerare mai ales capacitatea de a face față unei secete prelungite, chiar o schimbare permanentă, în vederea „construirii” unei capacități de adaptare de durată a comunităților afectate (Birkmann et al., 2012). În *WorldRiskIndex 2011* ([https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2046/WorldRiskReport-2011\\_online\\_EN.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2046/WorldRiskReport-2011_online_EN.pdf)), se iau în considerare indicatori care reflectă autoritatea națională și locală, capacitatea de pregătire în caz de dezastre și de avertizare a populației cu privire la producerea acestora, servicii medicale, rețele de ajutorare/sprijin social. Pentru studiul de față, în funcție de disponibilitatea bazei de date la nivel teritorial de unitate administrativă locală (LAU), sunt propuși următorii indicatori:

**SPITALE/1000** = nr. de unități spitalicești, raportat la 1 000 locuitori;

**MEDICI/1000** = nr. cadre medicale cu pregătire superioară (medici)/1 000 locuitori;

**FARMACII/1000** = nr. de farmacii, raportat la 1 000 locuitori;

**ISU/1000** = nr. unități ale Inspectoratelor pentru Situații de Urgență/1 000 loc.

**CAPACITATE DE ADAPTARE (I\_ADAPT\_POP)** include posibilități, măsuri și strategii care permit comunităților să se schimbe, în vederea abordării consecințelor negative așteptate ale diferitelor tipuri de hazard, printre care și cele de natură climatică. Capacitatea de adaptare ar trebui să vizeze din partea comunităților o preocupare pentru transformări structurale, adică modificări ale situației actuale în vederea unor comportamente/răspunsuri viitoare mai potrivite/mai adaptate la producerea unor noi posibile riscuri climatice. Din această perspectivă, capacitatea de adaptare este orientată către creșterea gradului de educație în rândul membrilor comunităților, de conștientizare a riscurilor, către îmbunătățirea echilibrelor de la nivelul mediului natural înconjurător, către cercetare, către elaborarea și aplicarea unor strategii de adaptare foarte bine potrivite situațiilor specifice (Cardona et al., 2012; Birkmann et al., 2013). În acest raport, propunem ca dimensiunea capacității de adaptare să fie evaluată prin:

**ALFABET** = gradul de alfabetizare;

**FOREST** = % suprafață forestieră din total fond funciar.

Cele de mai sus sunt propuneri bazate pe judecata de expert și pe consultarea literaturii de specialitate naționale și internaționale. Însă, așa cum deja s-a menționat, baza de date și indicatori statistici va fi punctul de pornire al selecției. În vederea determinării gradelor de influență reciprocă a variabilelor și indicatorilor se va aplica o matrice grafică, cu o cheie dihotomică (Stângă, 2012; Stângă & Grozavu, 2012). Fiind o cheie de identificare cu o singură intrare, cheia dihotomică constă din întrebări imbricate, în timp ce fiecare întrebare oferă două opțiuni sau oportunități (Van Sinh et al., 2017). Astfel, întrebările noastre au fost: 1) „Indicatorul X afectează indicatorul Y?” („Da” = 1 și „nu” = 0) și 2) „Indicatorul Y afectează indicatorul X?” („Da” = 1 și „nu” = 0). În funcție de valoarea nivelului general de determinare (D este calculat în funcție de relația:  $D = (IS - DS) / n - 1$ , unde n = numărul de indicatori din matrice și reflectă nivelul de dependență sau independență pe o scară care teoretic se situează între +1 = complet determinant și (-1) = total determinat), vor fi selectați indicatori.

### 3.9.1.3. Calcularea indicelui de vulnerabilitate a populației (I\_POP\_VULN\_CLIMA) la riscuri climatice (așa cum au fost acestea menționate la Pct. 9.3.1)

Indicatorii selectați sunt normalizați:

$$Value_{ni} = (Value_{ri} - Value_{mini}) / (Value_{maxi} - Value_{mini}) \text{ (pentru relația funcțională directă),}$$

și

$$Value_{ni} = (Value_{maxi} - Value_{ri}) / (Value_{maxi} - Value_{mini}) \text{ (pentru relația funcțională inversă), unde } V_{ni} \text{ este valoarea normalizată a indicatorului "i", } V_{mini} \text{ este valoarea minimă înregistrată de indicatorul "i" iar } V_{maxi} \text{ este valoarea maximă înregistrată de indicatorul "i".}$$

indicii sensibilității populației la diferite riscuri climatice se vor calcula ca sume dintre indicele sensibilității generale (I\_S\_POP\_gen), la care se adaugă indicatorii selectați pentru reflectarea sensibilităților specifice:

la valuri de căldură = I\_S\_POP\_cald;

la valuri de frig/ger + viscol = I\_S\_POP\_rece;

la inundații generate de perioade cu precipitații abundente = I\_S\_POP\_inundatii.

Calculul se face ca scor standard de tip Hull (de medie 50 și deviație standard 14). Menționăm că se vor acorda ponderi egale indicatorilor luați în calcul, iar semnele "+" sau "-" sunt acordate fiecărui indicator după următorul principiu: indicatorii a căror creștere implică o creștere a vulnerabilității au semnul "+", iar ceilalți au semnul "-".

Într-o primă etapă se calculează I\_S\_POP\_gen astfel:

$$I\_S\_POP\_gen = 50 + 14 * (POP\_COPII + POP\_VÂRSTNICI + POP\_NU\_ACCES\_TERIT + ROMA + POP\_NU\_CAB\_MED... +/- S\_POP_{x_{gen}}) / x_{gen}; \text{ unde " } x_{gen} \text{ " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea I_S_POP_gen}$$

În etapa următoare se calculează:

$$I\_S\_POP\_cald = 50 + 14 * (POP\_COPII + POP\_VÂRSTNICI + POP\_NU\_ACCES\_TERIT + ROMA + POP\_NU\_CAB\_MED + POP\_AGR + POP\_CONSTR... +/- S\_POP_{x_{cald}}) / x_{cald}; \text{ unde " } x_{cald} \text{ " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea I_S_POP_cald.}$$

$$I\_S\_POP\_rece = 50 + 14 * (POP\_COPII + POP\_VÂRSTNICI + POP\_NU\_ACCES\_TERIT + ROMA + POP\_NU\_CAB\_MED + POP\_CONSTR + POP\_INCALZIRE\_NESIGUR + POP\_LOC\_NESIGUR... +/- S\_POP_{x_{rece}}) / x_{rece}; \text{ unde " } x_{rece} \text{ " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea I_S_POP_rece}$$

$$I\_S\_POP\_inundații = 50 + 14 * (POP\_COPII + POP\_VÂRSTNICI + POP\_NU\_ACCES\_TERIT + ROMA + POP\_NU\_CAB\_MED + POP\_LOC\_NESIGUR... +/- S\_POP_{x_{inundatii}}) / x_{inundatii}; \text{ unde " } x_{inundatii} \text{ " este numărul de indicatori selectați pentru calcularea I_S_POP_inundații}$$

Indicele capacității de a face față la riscuri climatice (I\_CAPACIT) se calculează după metodologia descrisă anterior astfel:

$$I\_CAPACIT\_POP = 50 + 14 * (SPITALE/1000 + MEDICI/1000 + FARMACII/1000 + ISU... +/- CAPACIT\_POP_y) / y; \text{ unde "y" este numărul de indicatori selectați pentru calcularea I_CAPACIT_POP}$$

Indicele capacității de adaptare (I\_ADAPT\_POP) se calculează după metodologia descrisă anterior astfel:

$$I\_ADAPT\_POP = 50 + 14 * (ALFABET + FOREST... +/- ADAPT\_POP_z) / z; \text{ unde "z" este numărul de indicatori selectați pentru calcularea I_ADAPT_POP}$$

Indicele final al vulnerabilității populației la variabilitate climatică (I\_POP\_VULN\_CLIMA), diferențiat în funcție de riscurile climatice de la Pct 1.1, se calculează ca funcție a sumei dintre expunerea potențială (I\_EXP\_POP) și sensibilitatea populației (I\_S\_POP specifice fiecărui risc luat în analiză), din care se scad capacitatea de a face față (I\_CAPACIT\_POP)

riscurilor climatice și capacitatea de adaptare (I\_ADAPT\_POP) la acestea. Operația de scădere este necesară întrucât I\_CAPACIT\_POP și I\_ADAPT\_POP reduc gradul de vulnerabilitate a populației la riscuri climatice. Calculul indicelui final al vulnerabilității populației la riscuri climatice se va face astfel:

$$I\_POP\_VULN\_CLIMA\_cald = (25 * I\_EXP\_POP + 25 * I\_S\_POP\_cald - 25 * I\_CAPACIT\_POP - 25 * I\_ADAPT\_POP) / 100$$

$$I\_POP\_VULN\_CLIMA\_rece = (25 * I\_EXP\_POP + 25 * I\_S\_POP\_rece - 25 * I\_CAPACIT\_POP - 25 * I\_ADAPT\_POP) / 100$$

$$I\_POP\_VULN\_CLIMA\_inundatii = (25 * I\_EXP\_POP + 25 * I\_S\_POP\_inundații - 25 * I\_CAPACIT\_POP - 25 * I\_ADAPT\_POP) / 100$$

#### 3.9.1.4. Diferențierea la nivel teritorial a gradelor de vulnerabilitate a populației la riscuri climatice

Va rezulta din calcularea indicilor secundari și a celui final la nivel de unitate administrativ-teritorială locală (LAU). Diferitele grade ale vulnerabilității vor fi suprapuse acelor arealelor delimitate ca fiind cu risc ridicat de producere a riscurilor climatice.

#### 3.9.1.5. Metode de analiza a percepției și experienței categoriilor de populație vulnerabile care au experimentat variabilitatea climatică (inclusiv diferitele tipuri de fenomene meteorologice extreme)

Vulnerabilitatea socială este reflectată în valori, norme, credințe și alte caracteristici ale sistemului guvernamental (Zakour & Gillespie, 2013). Vulnerabilitatea socială „rezultă din procese de inegalitate socială și modele istorice ale relațiilor sociale care se manifestă ca bariere sociale structurale rezistente la schimbare” (Thomas et al., 2013). Un element determinant pentru atitudinea populației în prezența hazardului dar și pentru aceea post-hazard este conștientizarea pericolului și cunoașterea modului în care ar trebui să (re)acționeze (Lupu, 2020). Populația în general și, mai ales, categoriile vulnerabile ale acesteia, percep în mod diferențiat factorii care le influențează viața, fiecare categorie abordând comportamente și răspunsuri diferite în fața unui eveniment de tip hazard, în strânsă relaționare cu mediul socio-economic și natural în care trăiesc, cu schimbările pe care acestea le-au suferit dar și cu experiența trăită. Evaluarea percepției populației asupra riscurilor sociale reprezintă un proces important de analiză calitativă a impactului pe care evenimentul negativ îl are asupra comunităților locale, în situațiile în care analizele cantitative sunt dificil de realizat, fiind condiționate de disponibilitatea datelor (Lupu, 2020).

La nivel internațional, numeroase studii se concentrează pe **metoda anchetei sociologice asupra percepției** anumitor aspecte ale vieții sociale (Ruiz-Rufino & Alonso Sáenz de Oger, 2016; Tiran, 2016; Weziak-Białowska, 2016; Low & Lai, 2016; Svizzero & Tisdell 2016; Burns et al., 2012). În acest context, atitudinile populației/locuitorilor se dezvoltă într-un sistem de credințe individuale iar cele ale comunităților se reflectă în credințe colective. Toate vizează transformările economice și sociale și sunt influențate în mod semnificativ de o serie de incertitudini și ambiguități asociate. Evaluarea percepției și a experienței populației asupra schimbărilor climatice și cu privire la riscurile induse de acestea reprezintă un subiect important de cercetare (Ghuman & Mann 2018; Gotham et al., 2017), dar și un punct de plecare pentru factorii de decizie politică (Litwiński, 2017; Chzhen, 2016; Burns et al., 2012); Senlier et al., 2008; Atkinson, 2003).

În studii care au vizat analize calitative ale comunităților care trăit experiența unor dezastre naturale, se menționează **metoda interviurilor în profunzime**, **metoda cercetării exploratorii la nivelul comunităților cu memorie a dezastrelor**. Se folosește și **metoda documentării istorice** a profilului identitar, a unor date existențiale care au marcat comunitatea și s-au reflectat asupra comportamentelor și atitudinilor la nivel comunitar (Măndiță, 2017). Prin intermediul **metodei anchetelor gospodăriilor** din areale restrânse (ex. sectorul de vale a Dunării între orașele Turnu Măgurele și Giurgiu, Lupu, 2020) au fost analizate riscurile sociale asociate hazardelor naturale și



tehnologice majore (pe baza informațiilor care au vizat: *(i)* percepția riscului și probabilitatea de apariție a fenomenelor naturale cu potențial de risc, *(ii)* atitudinea față de risc, *(iii)* principalele pierderi înregistrate, așa cum sunt percepute de localnici, *(iv)* experiența personală și a comunității privind riscul, *(v)* comportamentul adoptat, *(vi)* capacitatea individuală și comunitară de adaptare.

În proiectul *Vulnerabilitatea așezărilor și mediului la inundații în România în contextul modificărilor globale ale mediului – VULMIN (2013)* s-a folosit metoda calitativă a **chestionarului semi-structurat**. Acesta a fost compus din trei părți : *(i)* contextul local al vulnerabilității comunităților umane expuse la inundații (viituri), *(ii)* vulnerabilitatea comunităților umane expuse la inundații (viituri) și *(iii)* o parte mai restrânsă dedicată calității apei consumate în comunitățile afectate de viituri. Același tip de metodă a fost aplicată în în cadrul proiectului *Romanian–Bulgarian cross-border joint natural and technological hazards assessment in the Danube floodplain. The Calafat-Vidin– Turnu Măgurele-Nikopole sector - ROBUHAZ-DUN*. Chestionarul privind percepția populației asupra hazardelor naturale și tehnologice din lunca Dunării (studiu de caz: sectorul dunărean Calafat – Turnu Măgurele) a fost format din două părți: *(i)* modificările mediului și managementul situațiilor de risc și *(ii)* elemente de reziliență și adaptare în contextul transformărilor structurale din perioadele de tranziție și post-tranziție.

### 3.9.1.6. Metodologia de analiză a impactului stresului termic

Schimbarea climatică reprezintă o amenințare semnificativă pentru sănătatea umană din cauza creșterii temperaturilor, de multe ori cuplată cu reducerea locală a calității aerului (mai ales în zonele urbane), modificării regimului precipitațiilor, creșterii nivelului oceanului planetar (în regiunile de coastă) și modificării statisticii fenomenelor extreme. Aceste consecințe ale schimbării climei vin și cu impacturi asupra vectorilor purtători de agenți patogeni, cantității de alergeni din atmosferă și resursei de apă și hrană care afectează la rândul lor sănătatea publică.

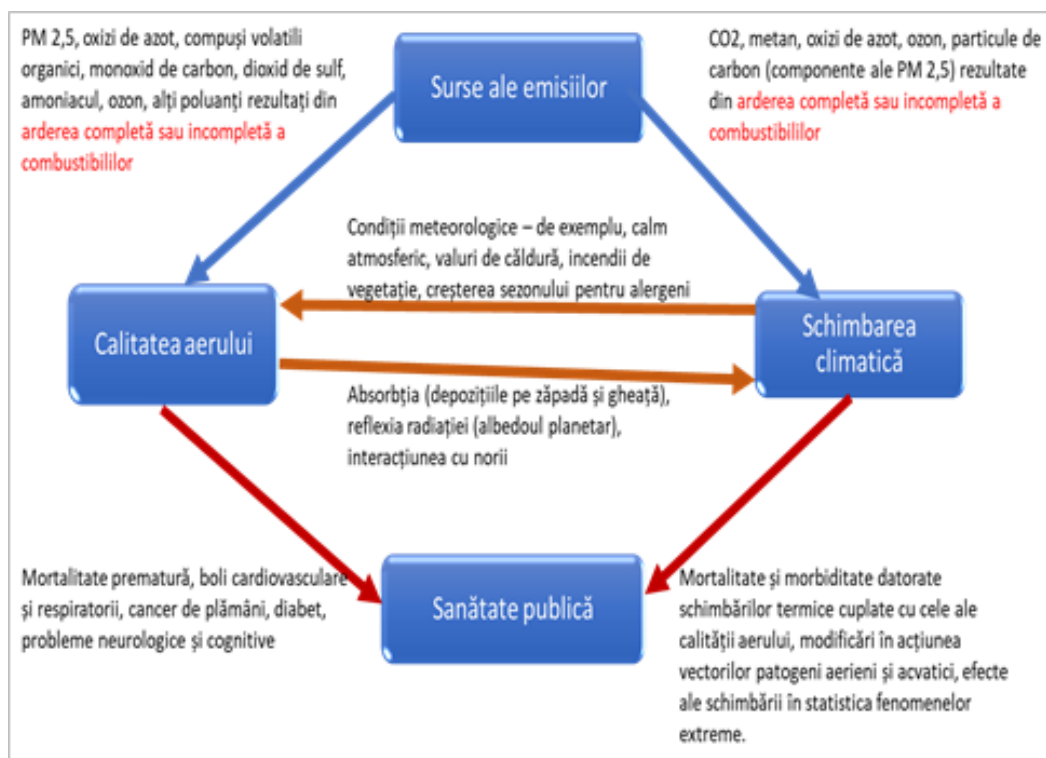
Studierea impactului stresului termic asupra mortalității se face folosind o metodologie specifică. Metodologia pentru investigarea relației statistice între mortalitatea zilnică și temperatura aerului se bazează pe un model de regresie generalizat non-liniar care ține cont de efectul întârziat asupra mortalității pentru intervale de timp de până la 3 săptămâni. Acest model a fost propus de Gasparrini și Leone (2014) pentru date observate și constă într-o regresie de tip Poisson, aplicată datelor rezultate din cuantificarea mortalității și/sau morbidității într-un interval definit de timp. Pe baza valorilor zilnice ale asocierii dintre mortalitate și temperatură este identificată temperatura specifică mortalității minime (MMT) care este folosită ca valoare de referință pentru estimarea riscului relativ și în același timp ca valoare prag pentru a diferenția contribuția temperaturilor ridicate și scăzute la totalul deceselor atribuite temperaturii aerului.

Riscul relativ (RR) reprezintă raportul între frecvența de apariție a unui eveniment (deces/boala) în rândul grupurilor de expuși și neexpuși la un factor de risc suspectat. Acesta poate lua valorile: egal cu 1, când nu există nicio asociere între factorul de risc și deces; mai mari ca 1, când există asociere între factorul de risc și deces; cu cât RR este mai mare cu atât asocierea este mai puternică; mai mici ca 1, când factorul studiat nu este un factor de risc. Pentru ca asocierea epidemiologică dintre factorul de risc și decese să fie dovedită, riscul trebuie să fie mai mare decât 1 și semnificativ statistic (se aplică un test de semnificație statistică sau se determină intervalul de încredere (Bojariu et al., 2021).

Gasparini et al. (2017) au dezvoltat metodologia pentru estimarea riscului relativ ca indicator al asocierii între mortalitate și temperatura aerului pentru condițiile climatice viitoare prin extrapolarea curbei expunere (temperatura aerului) - răspuns (mortalitate). Prin această extrapolare este estimat numărul zilnic de decese atribuibile care poate fi însumat la nivel decenal pentru întreg ansamblul de modele și pentru fiecare scenariu. Decesele atribuibile pot fi exprimate fie în valori absolute fie în valori relative față de perioada actuală. Incertitudinea impactului estimat este calculată stocastic cu ajutorul simulărilor Monte Carlo și exprimată sub forma intervalelor de încredere de 95%.

### 3.9.2. Calitatea aerului

Calitatea aerului este un factor important cu impact mai ales în mediul urban. Poluarea în mediul urban își conjugă efectele cu stresul termic astfel încât efectul asupra sănătății publice în mediul urban este amplificat. Sursele pentru emisii de poluanți locali și gaze cu efect de seră sunt în multe situații aceleași, astfel că prin reducerea emisiilor se obțin simultan atât beneficii privind combaterea efectelor schimbării climei, cât și beneficii pentru sănătatea publică (Figura 3.9.1).



**Figura 3.9.1:** Reprezentarea schematică a impactului încălzirii globale și a poluării locale asupra sănătății publice și a legăturilor dintre acestea (adaptare după Bojariu et al., 2021).

## CONCLUZII

În cadrul raportului de față a fost realizată o sinteză a metodelor actuale de evaluare și analiză a schimbărilor climatice la scară regională și subregională (incluzând metode de regionalizare, cuantificare, de estimare a incertitudinilor; metode de procesare a unor indicatori climatici regionali relevanți; metode de procesare a informațiilor climatice în scopul utilizării pentru estimarea impactului, furnizare de produse și servicii climatice) și a metodelor actuale de evaluare și analiză a extremelor climatice (actuale și proiectate în scenariile climatice) la scară regională și subregională. Studiul include indicatori climatici ai evenimentelor extreme relevanți pentru evaluarea riscului climatic și managementul diferențiat pentru diferite sectoare socio-economice, intervale temporale (sezon, multianual - multidecadal) la scara regională și subregională. Au fost analizate și metodele utilizate în prezent pentru estimarea marjei răspunsului climatic la acțiuni de management în scopul optimizării acestora (e.g. creșterea capacității de stocare CO<sub>2</sub> în orizontul 2050, reducerea degradării terenurilor și optimizarea folosirii acestora, conservarea biodiversității, informație climatică pentru utilizarea optimă a resurselor regenerabile, etc). La nivelul României în evaluarea metodelor de predicție și proiecții climatice au fost abordate aspecte legate de scorul predictiv (diferențiat regional și pentru diferite anticipații și focalizat pe variabile climatice de interes major pentru strategia la schimbările climatice), cât și aspecte legate de estimarea

incertitudinilor asociate (distribuții de probabilitate) și metode optime actuale de utilizare a acestor informații în practica strategică.

Deasemenea, a fost elaborată sinteza metodologiilor de evaluare și predicție a impactului regional și temporal diferențiat al schimbărilor climatice asupra sectoarelor prioritare (metode de evaluare, atribuire și cuantificare, metode de contextualizare teritorială, metode de procesare a unor indicatori socio-economici și de mediu relevanți, metode de procesare a informațiilor statistice și spațiale în scopul utilizării pentru estimarea impactului).

Metodologia de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice are la bază următoarele acțiuni:

- diagnosticarea cauzelor și mecanismelor de producere;
- evaluarea condițiilor actuale și evidențierea schimbărilor observate / tendințe istorice;
- utilizarea unor indicatori pentru anticiparea impactului fizic / de mediu, social și economic;
- diagnosticarea și îmbunătățirea informațiilor referitoare la riscurile climatice prin analiza modificărilor apărute și a posibilei evoluții – conform scenariilor climatice, care încorporează proiecțiile schimbărilor climatice;
- analiza modului în care schimbările prognozate vor afecta sistemul socio-economic și mediul;
- evaluarea altor măsuri de adaptare la schimbările climatice și măsuri de atenuare a impactului provocat de riscurile adiacente;
- studiul parametrilor / indicatorilor climatici și clasificarea regiunilor țării pe baza variabilității și tendințelor;
- realizarea unui sistem de indicatori socio-economici pentru evaluarea gradului de vulnerabilitate a diferitelor sectoare cheie sau categorii de populație și stabilirea unor măsuri specifice de adaptare a lor la schimbările climatice actuale și previzibile.

## BIBLIOGRAFIE

- Abdi, Hervé, and Lynne J. Williams. 2010. "Principal Component Analysis." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 2 (4): 433–59. <https://doi.org/10.1002/wics.101>.
- Adger, W., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew, and S. Eriksen. 2004. *New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Technical Paper*.
- Adger, W.N. 2006. "Vulnerability." *Global Environmental Change* 16 (3): 268–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>.
- Adger, W.N., S. Agrawala, and M.M.Q. Mirza. 2007. "Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints And Capacity. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability." In *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 717–43.
- Alcamo, J., L. Acosta, A. Carius, F. Eierdanz, R. Klein, D. Krömker, and D. Taenzler. 2005. *A New Approach to the Assessment of Vulnerability to Drought*.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. "FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 - Crop Evapotranspiration," no. 56.
- Allen, Richard G., Marvin E. Jensen, James L. Wright, and Robert D. Burman. 1989. "Operational Estimates of Reference Evapotranspiration." *Agronomy Journal* 81 (4): 650–62. <https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100040019x>.
- Anghel, Dumitru, Oana-Alexandra Oprea, Bianca Florina Mircea, and Rodica Tudor. 2017. "Anuarul Agrometeorologic 2016-2017." București: CD-ROM ISSN: 2285-7931, ISSN-L: 2285-7931.
- ANM. 2021. "Meteo Romania | Site-UI Administratiei Nationale de Meteorologie."
- Armas, I., and A. Gavriș. 2013. "Social Vulnerability Assessment Using Spatial Multi-Criteria

- Analysis (SEVI Model) and the Social Vulnerability Index (SoVI Model) - A Case Study for Bucharest, Romania.” *Natural Hazards and Earth System Sciences* 13 (June): 1481–99. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1481-2013>.
- Ashley, Sharon T., and Walker S. Ashley. 2008. “Flood Fatalities in the United States.” *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 47 (3): 805–18. <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1611.1>.
- Atkinson, Anthony B. 2003. “Multidimensional Deprivation: Contrasting Social Welfare and Counting Approaches.” *Journal of Economic Inequality* 1 (1): 51–65. <http://www.springerlink.com/index/QM617882U0U321VJ.pdf>.
- Aubin, I., L. Boisvert-Marsh, H. Kebli, D. McKenney, J. Pedlar, K. Lawrence, E. H. Hogg, Y. Boulanger, S. Gauthier, and C. Ste-Marie. 2018. “Tree Vulnerability to Climate Change: Improving Exposure-Based Assessments Using Traits as Indicators of Sensitivity: Improving.” *Ecosphere* 9 (2). <https://doi.org/10.1002/ecs2.2108>.
- Beever, Erik A., L. Embere Hall, Johanna Varner, Anne E. Loosen, Jason B. Dunham, Megan K. Gahl, Felisa A. Smith, and Joshua J. Lawler. 2017. “Behavioral Flexibility as a Mechanism for Coping with Climate Change.” *Frontiers in Ecology and the Environment* 15 (6): 299–308. <https://doi.org/10.1002/fee.1502>.
- Benzecri, J.P. 1982. “Construction d’une classification ascendante hiérarchique par la recherche en chaîne des voisins réciproques.” *Cahiers de l’analyse des données* 7 (2): 209–18. <http://eudml.org/doc/88051>.
- Berbecel, O, M Stancu, N Ciovică, V Jianu, Șt. Apetroaei, E Socor, I Rogodjan, and M Eftimescu. 1970. *Agrometeorologie*. București: Editura Ceres.
- Birkmann, J., and B. Wisner. 2006. “Measuring the Un-Measurable the Challenge of Vulnerability.” *United Nations Univ* 5 (January): 1–58.
- Birkmann, Joern, Susan L. Cutter, Dale S. Rothman, Torsten Welle, Matthias Garschagen, Bas van Ruijven, Brian O’Neill, et al. 2013. “Scenarios for Vulnerability: Opportunities and Constraints in the Context of Climate Change and Disaster Risk.” *Climatic Change* 133 (1): 53–68. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0913-2>.
- Bogdan, O.; Niculescu, E. 1999. *Riscurile Climatice Din România*. Edited by O. Bogdan. Bucharest: Academiei Române.
- Bogdan, Octavia. 2005. “International Research Programs on This Field (WMO, International Panel on Climate Change, Technical Program for Cooperation, Meteorological Program for Applications, Program for Research and Decrease the Effects of Natural Disasters.”
- Bojariu, R., Z. Chițu, S.I. Dascălu, M. Gothard, L.F. Velea, R. Burcea, A. Dumitrescu, et al. 2021. *Schimbările Climatice - de La Bazele Fizice La Riscuri Și Adaptare*. Ed. rev. Printech Bucharest.
- Bojariu, Roxana, Marius-Victor Bîrsan, Roxana Cică, Liliana Velea, Sorin Burcea, Alexandru Dumitrescu, Sorin Ionuț Dascălu, et al. 2015. *Schimbările Climatice - de La Bazele Fizice La Riscuri Și Adaptare*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1341.0729>.
- Brayshaw, D.J. 2018. “The Nature of Weather and Climate Impacts in the Energy Sector.” In *Weather and Climate Services for the Energy Industry*, 151–59. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5_11).
- Brenkert, A., and E. Malone. 2005. “Modeling Vulnerability and Resilience to Climate Change: A Case Study of India and Indian States.” *Climatic Change* 72 (September): 57–102. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-5930-3>.
- Brooks, N., W. N. Adger, and P. M. Kelly. 2005. “The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Level and the Implications for Adaptation.” *Global Environmental Change* 15 (2): 151–63. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>.
- Bruynooghe, M. 1977. “Novel Methods for Automatic Classification of Numerous Taxonomic Data.” *Statistique et Analyse Des Données* 2 (3): 24–42.



- Burns, W. J., E. Peters, and P. Slovic. 2012. "Risk Perception and the Economic Crisis: A Longitudinal Study of the Trajectory of Perceived Risk." *Risk Analysis*, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01733.x>.
- Busuioc, A., M. Caian, S. Cheval, R. Bojariu, C. Boroneant, M. Baci, and A. Dumitrescu. 2010. *Variabilitatea și Schimbarea Climei În România*. <https://www.prouniversitaria.ro/carte/variabilitatea-si-schimbarea-climei-in-romania/>.
- Buth, M., W. Kahlenborn, S. Greiving, M. Fleschhauer, M. Zebish, S. Schneiderbauer, and I. Schauser. 2017. "Guidelines for Climate Impact and Vulnerability Assessments," 48. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/guidelines\\_for\\_climate\\_impact\\_and\\_vulnerability\\_assessments.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/guidelines_for_climate_impact_and_vulnerability_assessments.pdf).
- Cai, Z., G. Han, and M. Chen. 2018. "Do Water Bodies Play an Important Role in the Relationship between Urban Form and Land Surface Temperature?" *Sustainable Cities and Society* 39 (March): 487–98. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.033>.
- Caian, M., F. Georgescu, M. Pietrisi, and O. Catrina. 2021. "Recent Changes in Storm Track over the Eastern Europe: A Mechanism for Changes in Extreme Cyclone Variability." *Atmosphere*. <https://doi.org/10.3390/atmos12101362>.
- Caian, M., T. Köenigk, R. Döscher, and A. Devasthale. 2018. "An Interannual Link between Arctic Sea-Ice Cover and the North Atlantic Oscillation." *Climate Dynamics* 50 (January). <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3618-9>.
- Caian, M., L. Oana, M. Adamescu, A. Dumitrescu, S. Cheval, C. Cazacu, and C. Angearu. 2019. "High-Resolution Dynamical Downscaling of Extreme Climate Using RCPs and Landcover Scenarios over Romania." In *Geophysical Research Abstracts*. Viena.
- Caian, M., C. Radu, and G. Bandoc. 2021. *Changes in Breeze Warmest Summers for the Romanian Black Sea Coast in Climate Scenarios for the Time Horizon 2050. Aerul și Apa: Componente Ale Mediului*. [https://doi.org/10.24193/awc2021\\_14](https://doi.org/10.24193/awc2021_14).
- Caian, Mihaela, and Meda Daniela Andrei. 2019. "Late-Spring Severe Blizzard Events over Eastern Romania: A Conceptual Model of Development." *Atmosphere* 10 (12): 770. <https://doi.org/10.3390/ATMOS10120770>.
- Caian, Mihaela, and Jean François Geleyn. 1997. "Some Limits to the Variable-Mesh Solution and Comparison with the Nested-LAM Solution." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 123 (539): 743–66. <https://doi.org/10.1002/qj.49712353911>.
- Caian, Mihaela, Rodica Paula Mic, Ciprian Corbus, Claudiu Valeriu Angearu, and Marius Matreata. 2021. "Extreme Flood Modeling and Mechanism over Crisul Alb Basin in Romania." *Catena* 196 (January). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104923>.
- Caramani, D. 2001. "The Measurement of Territorial Homogeneity: A Test on Comparative Electoral Data since 1832." *EUI Working Paper*. Vol. 26. <http://cadmus.iue.it/dspace/handle/1814/1784?mode=full%5Cnpapers://4cc6cfb2-16f6-41e3-ad71-b66334051cba/Paper/p7184>.
- Carbunaru, D., and S. Burcea. 2015. "Thermodynamic Configurations Associated with Heavy Rainfall in Eastern Romania." *International Journal of Climatology* 36 (September). <https://doi.org/10.1002/joc.4491>.
- Cardona, Omar Dario, Maarten K. Van Aalst, Jörn Birkmann, Maureen Fordham, Glenn Mc Gregor, Perez Rosa, Roger S. Pulwarty, et al. 2012. "Determinants of Risk: Exposure and Vulnerability." In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 9781107025:65–108. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.005>.
- Castro, Marcos. 2002. "Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una Aplicación Para Andalucía." *Tesis Doctoral*. Universidad de Málaga.
- Cattell, R.B. 1966. "The Scree Test for the Number of Factors." *Multivariate Behavioral Research* 1 (2): 245–76. [https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102\\_10](https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10).

- Caudullo, Giovanni, and José I. Barredo. 2019. "A Georeferenced Dataset of Drought and Heat-Induced Tree Mortality in Europe." *One Ecosystem* 4. <https://doi.org/10.3897/oneeco.4.e37753>.
- Ceron, J P, and G Dubois. 2000. "Les Indicateurs Du Tourisme Durable." *L'Environnement, Un Enjeu Planétaire* 67: 30–46. [http://www.tec-conseil.com/files/library/documents/esp\\_indi.pdf](http://www.tec-conseil.com/files/library/documents/esp_indi.pdf).
- Cheung, William W.L., Jorge L. Sarmiento, John Dunne, Thomas L. Frölicher, Vicky W.Y. Lam, M. L.Deng Palomares, Reg Watson, and Daniel Pauly. 2013. "Shrinking of Fishes Exacerbates Impacts of Global Ocean Changes on Marine Ecosystems." *Nature Climate Change* 3 (3): 254–58. <https://doi.org/10.1038/nclimate1691>.
- Chzhen, Y. 2016. "Perceptions of the Economic Crisis in Europe: Do Adults in Households with Children Feel a Greater Impact?" *Social Indicators Research* 127 (1): 341–60. <https://doi.org/10.1007/s11205-015-0956-z>.
- COM(2015) 80 final. 2015. "Energy Union Package - A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy." *COM(2015) 80 Final*. Brussels.
- Comisia Europeana. 2017. "REGULAMENTUL (UE) 2017/1938 AL PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI AL CONSILIULUI Din 25 Octombrie 2017 Privind Măsurile de Garantare a Siguranței Furnizării de Gaze Și de Abrogare a Regulamentului (UE) Nr. 994/2010." *Jurnalul Oficial Al Uniunii Europene, L* 280. Vol. 57. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=OJ:L:2017:280:TOC>.
- Corbuș, C., Mic, R. P., Mătreacă, M., Bojariu, R. 2018. "Impactul Schimbărilor Climatice Potențiale Asupra Scurgerii Maxime Din Perioada de Tranziție de La Iarnă La Primăvară În Zona Superioară a Râurilor Argeș Și Ialomița." *Hidrotehnica* 63 (4–6): 29–39.
- Croitoru, A.E., A. Piticar, A.F. Ciupertea, and C.F. Roșca. 2016. "Changes in Heat Waves Indices in Romania over the Period 1961–2015." *Global and Planetary Change* 146: 109–21. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.08.016>.
- Cutter, Susan L., Bryan J. Boruff, and W. Lynn Shirley. 2003. "Social Vulnerability to Environmental Hazards." *Social Science Quarterly* 84 (2): 242–61. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>.
- Díaz, S., J. Settele, E. Brondízio, H. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, et al. 2019. "Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services." <https://uwe-repository.worktribe.com/output/1493508>.
- Dobre, Robert, Laurențiu Ilie, Ionuț Săvulescu, and Mădălina Teodor. 2018. "Early Warning Intelligent System for Road Transportation Risks." <https://doi.org/10.15551/prgs.2017.41>.
- Doocy, Shannon, Amy Daniels, Sarah Murray, and Thomas D. Kirsch. 2013. "The Human Impact of Floods: A Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review." *PLoS Currents* 5 (APR 2013). <https://doi.org/10.1371/currents.dis.f4deb457904936b07c09daa98ee8171a>.
- Downing, T.E., and K. Bakker. 2000. "Drought Discourse and Vulnerability." In *Wilhite, D.A., Ed., Drought: A Global Assessment, Natural Hazards and Disasters Series*. Abingdon: Routledge Publishers.
- Dumitrașcu, M., I. Mocanu, B. Mitrică, C. Dragotă, I. Grigorescu, and C. Dumitrică. 2018. "The Assessment of Socio-Economic Vulnerability to Drought in Southern Romania (Oltenia Plain)." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 27: 142–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.049>.
- Dumitrescu, A., and M.V. Birsan. 2015. "ROCADA: A Gridded Daily Climatic Dataset over Romania (1961–2013) for Nine Meteorological Variables." *Nat Hazards* 78 (April): 1045–63. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1757-z>.
- EC. 2013. "Commission Staff Working Document: Adapting Infrastructure to Climate Change." <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:52013SC0137>.

- El-Zein, A., and F.N. Tonmoy. 2015. "Assessment of Vulnerability to Climate Change Using a Multi-Criteria Outranking Approach with Application to Heat Stress in Sydney." *Ecological Indicators* 48 (January): 207–17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.012>.
- ENTSO-E. 2020. "Roadmap for a Multi-Sectorial Planning Support Executive Summary." [https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Position\\_papers\\_and\\_reports/1\\_entsoe\\_RM\\_MSPS\\_EX\\_SUM\\_01.pdf](https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Position_papers_and_reports/1_entsoe_RM_MSPS_EX_SUM_01.pdf).
- Fox Gotham, Kevin, Katie Lauve-Moon, and Bradford Powers. 2017. "Risk and Recovery: Understanding Flood Risk Perceptions in a Postdisaster City—The Case of New Orleans." *Sociological Spectrum* 37 (6): 335–52. <https://doi.org/10.1080/02732173.2017.1365029>.
- Gaillard, J., B. Wisner, D. Benouar, T. Cannon, L. Créton-Cazanave, J. Dekens, M. Fordham, et al. 2010. "Alternatives for Sustained Disaster Risk Reduction." *Human Geography* 3 (March): 66–88. <https://doi.org/10.1177/194277861000300106>.
- Garcia, Magali, Dirk Raes, Rick Allen, and Carlos Herbas. 2004. "Dynamics of Reference Evapotranspiration in the Bolivian Highlands (Altiplano)." *Agricultural and Forest Meteorology* 125 (1–2): 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.03.005>.
- Gardiner, B., A. Schuck, M.J. Schelhaas, C. Orazio, K. Blennow, and B. Nicoll. 2013. *Living with Storm Damage to Forests What Science Can Tell Us What Science Can Tell Us*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1730.2400>.
- Gasparini, Bla, Steffen Münch, Laure Poncet, Monika Feldmann, and Ulrike Lohmann. 2017. "Is Increasing Ice Crystal Sedimentation Velocity in Geoengineering Simulations a Good Proxy for Cirrus Cloud Seeding?" *Atmospheric Chemistry and Physics* 17 (7): 4871–85. <https://doi.org/10.5194/acp-17-4871-2017>.
- Gasparrini, Antonio, and Michela Leone. 2014. "Attributable Risk from Distributed Lag Models." *BMC Medical Research Methodology* 14 (1): 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-55>.
- German Federal Government. 2008. "German Strategy for Adaptation to Climate Change," no. December: 1–4.
- Ghuman, M. K., and B.J.S. Mann. 2018. "Profiling Customers Based on Their Social Risk Perception: A Cluster Analysis Approach." *Metamorphosis: A Journal of Management Research* 17 (1): 41–52. <https://doi.org/10.1177/0972622518768679>.
- Grantham-McGregor, Sally, Yin Bun Cheung, Santiago Cueto, Paul Glewwe, Linda Richter, and Barbara Strupp. 2007. "Developmental Potential in the First 5 Years for Children in Developing Countries." *Lancet* 369 (9555): 60–70. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60032-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60032-4).
- Green, Rebekah, Lisa K. Bates, and Andrew Smyth. 2007. "Impediments to Recovery in New Orleans' Upper and Lower Ninth Ward: One Year after Hurricane Katrina." *Disasters* 31 (4): 311–35. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2007.01011.x>.
- Grigorescu, Ines, Irena Mocanu, Bianca Mitrică, Monica Dumitrașcu, Cristina Dumitrică, and Carmen Sofia Dragotă. 2021. "Socio-Economic and Environmental Vulnerability to Heat-Related Phenomena in Bucharest Metropolitan Area." In *Environmental Research*, 192:143–54. Plovdiv: International Conference on Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110268>.
- Guv. Rom. 2020. *Hotărîre Privind Modul de Calcul Al Debitului Ecologic*. <http://www.monitoruljuridic.ro/act/modul-din-20-februarie-2020-de-determinare-i-de-calcul-al-debitului-ecologic-emitent-guvernul-publicat-223333.html>.
- Haki, Zeynep, Zuhail Akyürek, and Ş Düzgün. 2004. "Assessment of Social Vulnerability Using Geographic Information Systems: Pendik, Istanbul Case Study." In *Assessment of Social Vulnerability Using Geographic Information Systems: Pendik, Istanbul Case Study*, 413–23.
- Hames, D., and S Vardoulakis. 2012. "Climate Change Risk Assessment for the Health Sector." *DEFRA, United ...*. Wallingford: HR Wallingford.
- Haupt, S. E. 2018. "Short-Range Forecasting for Energy." In *Weather and Climate Services for the*



- Energy Industry*, 97–107. Cham: Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5_7).
- Hawkins, Edward, and Rowan Sutton. 2009. “The Potential to Narrow Uncertainty in Regional Climate Predictions.” *Bulletin of the American Meteorological Society* 90 (August).  
<https://doi.org/10.1175/2009BAMS2607.1>.
- Hinkel, J. 2011. ““Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity’: Towards a Clarification of the Science–Policy Interface.” *Global Environmental Change* 21 (1): 198–208.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>.
- Ianoș, I. 1981. “Determinarea Similarității Dintre Mărimile Geografice.” *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir*. Iași.
- Iglesias A., Mougou R., Moneo M. 2007. “Adaptation of Mediterranean Agriculture to Climate Change.” In *Key Vulnerable Regions and Climate Change*, edited by A Battaglini. Germany: European Climate For.
- Iglesias, A., M. Laín, and S. Quiroga. 2009. “Methods for Evaluating Social Vulnerability to Drought.” *Advances in Natural and Technological Hazards Research* 58 (January).  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9045-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9045-5_11).
- Iglesias, A, and A Garrido. 2005. “Methodology for the Analysis of the Organizations and Institutions Relevant to Drought Management and Mitigation in the Mediterranean.” *Options Méditerranéennes Series B*.
- Ionescu, C., R.J.T. Klein, J. Hinkel, K. S. Kavi Kumar, and R. Klein. 2009. “Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change.” *Environmental Modeling and Assessment* 14 (1): 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10666-008-9179-x>.
- Jay, A, D R Reidmiller, C W Avery, D Barrie, B J DeAngelo, A Dave, M Dzaugis, et al. 2018. “Overview.” *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment 2*: 33–71.
- Jonkman, Sebastiaan N., and Ilan Kelman. 2005. “An Analysis of the Causes and Circumstances of Flood Disaster Deaths.” *Disasters* 29 (1): 75–97. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2005.00275.x>.
- Jonkman, Sebastiaan N., Bob Maaskant, Ezra Boyd, and Marc Lloyd Levitan. 2009. “Loss of Life Caused by the Flooding of New Orleans after Hurricane Katrina: Analysis of the Relationship between Flood Characteristics and Mortality.” *Risk Analysis* 29 (5): 676–98.  
<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01190.x>.
- Kaczmarek, Z. 1994. “Water Balance Model for Climate Impact Assessment.” *Acta Geophysica Polonica* 41 (4): 423–37.
- Khademi, F., and S.M. Jamal. 2016. “Predicting the 28 Days Compressive Strength of Concrete Using Artificial Neural Network.” *I-Manager’s Journal on Civil Engineering* 6 (May).  
<https://doi.org/10.26634/jce.6.2.5936>.
- Komjath, P., and V. Totik. 2006. *Problems and Theorems in Classical Set Theory*. New York, NY, United States: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/0-387-36219-3>.
- Kovach, Ryan P., Jason B. Dunham, Robert Al-Chokhachy, Craig D. Snyder, Benjamin H. Letcher, John A. Young, Erik A. Beever, et al. 2019. “An Integrated Framework for Ecological Drought across Riverscapes of North America.” *BioScience* 69 (6): 418–31.  
<https://doi.org/10.1093/biosci/biz040>.
- Leahu I. 2001. *Amenajarea Pădurilor*. București: Editura Didactică și Pedagogică R.A.
- Lioubimtseva, E. 2014. “A Multi-Scale Assessment of Human Vulnerability to Climate Change in the Aral Sea Basin.” *Environmental Earth Sciences* 73 (March).  
<https://doi.org/10.1007/s12665-014-3104-1>.
- Litwiński, Michał. 2017. “The Evolution of Idea of Socio-Economic Development.” *Ekonomia i Prawo* 16 (4): 449. <https://doi.org/10.12775/eip.2017.031>.
- Locatelli, Bruno, Hety Herawati, Maria Brockhaus, Monica Idinoba, and Markku Kanninen. 2008.



- “CIFOR\_VI\_Forest\_method.Pdf.” 43. <https://doi.org/https://doi.org/10.17528/cifor/002727>.
- López-Urrea, R., F. Martín de Santa Olalla, C. Fabeiro, and A. Moratalla. 2006. “Testing Evapotranspiration Equations Using Lysimeter Observations in a Semiarid Climate.” *Agricultural Water Management* 85 (1–2): 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.014>.
- Lorenz, Edward N. 1975. “Climate Predictability.” [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=7112](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7112).
- Low, Chien-Tat, and Poh-Chin Lai. 2016. “Personal Factors Influencing the Perception of Quality of Life in Hong Kong – A Classification Tree Approach.” *Procedia Environmental Sciences* 36: 70–73. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.09.014>.
- Lowe, D., K.L. Ebi, and B. Forsberg. 2013. “Factors Increasing Vulnerability to Health Effects before, during and after Floods.” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10 (12): 7015–67. <https://doi.org/10.3390/ijerph10127015>.
- Lupu, L. 2020. *Studiu Geografic Al Riscurilor Sociale Din Valea Dunării Românești*. București: Ed. Academiei Române.
- Malone, E.L., and N.L. Engle. 2011. “Evaluating Regional Vulnerability to Climate Change: Purposes and Methods.” *WIREs Climate Change* 2 (3): 462–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wcc.116>.
- Măndiță, M. 2017. “Analiza Vulnerabilităților Soft – o Cale Către Înțelegerea Rezilienței Sociale.” *Revista Română de Sociologie*, 2017.
- Mateescu, E., M. Smarandache, N. Jeler, and V. Apostol. 2013. “Drought Conditions and Management Strategies in Romania (Initiative on ‘Capacity Development to Support National Drought Management Policy’ (WMO, UNCCD, FAO and UNW-DPC) Country Report.” [http://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC\\_NDMP\\_Country\\_Report\\_Romania\\_2013.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Romania_2013.pdf).
- Mateescu, Elena. 2013. *Plan Regional de Actiuni Pentru Prevenirea Deficitului de Apa Si a Secetei*. EU-INTERREG IV-C, Project on Waterscarcity and Drought-Water CoRe.
- Mateescu, Elena, Daniel Alexandru, Oana-Alexandra Oprea, and Ancuța Manea. 2016. *Îndrumar Agrometeorologic. Instrucțiuni Pentru Stațiile Meteorologice*. București: Administrația Națională de Meteorologie București.
- Mateescu, Elena, Victor Viorel Vătămanu, and N. Tanislav. 2004. *Impactul Condițiilor de Secetă Asupra Culturilor de Grâu Și Porumb Din Câmpia Caracalului*. Editura Sitech.
- Mayer, Audrey L. 2008. “Strengths and Weaknesses of Common Sustainability Indices for Multidimensional Systems.” *Environment International* 34 (2): 277–91. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.09.004>.
- Michalek, J., and N. Zarnekow. 2012. “Application of the Rural Development Index to Analysis of Rural Regions in Poland and Slovakia.” *Social Indicators Research* 105 (January): 1–37. <https://doi.org/10.1007/s11205-010-9765-6>.
- Mircea, Bianca Florina, Daniel Alexandru, Oana-Alexandra Oprea, Tudor Rodica, Maria Alexandra Radu, and Bianca Georgiana Voevozeanu Alexandru Olaru. 2015. “Analiza Fenomenului de ‘arșiță’ În România-Characteristici Și Tendințe.” București: Administrația Națională de Meteorologie.
- Mitchell, S. J. 2013. “Wind as a Natural Disturbance Agent in Forests: A Synthesis.” *Forestry* 86 (2): 147–57. <https://doi.org/10.1093/forestry/cps058>.
- Mitrică, Bianca, Nicoleta Damian, Irena Mocanu, Paul Șerban, and Radu Săgeată. 2016. “Technical-Urbanistic Infrastructure in the Romanian Danube Valley: Urban vs. Rural Territorial Disparities.” *Geographica Pannonica* 20 (4): 242–53. <https://doi.org/10.5937/geopan1604242m>.
- Mitrică, Bianca, Irena Mocanu, Monica Dumitrașcu, and Ines Grigorescu. 2017. “Socio-Economic Disparities in the Development of the Romania’s Border Areas.” *Social Indicators Research*

- 134 (3): 899–916. <https://doi.org/10.1007/s11205-016-1462-7>.
- Mitrică, Bianca, Paul Șerban, Irena Mocanu, Ines Grigorescu, Nicoleta Damian, and Monica Dumitrașcu. 2020. “Social Development and Regional Disparities in the Rural Areas of Romania: Focus on the Social Disadvantaged Areas.” *Social Indicators Research* 152 (1): 67–89. <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02415-7>.
- Mitrică, Bianca, Paul Răzvan Șerban, Irena Mocanu, Nicoleta Damian, Ines Grigorescu, Monica Dumitrașcu, and Cristina Dumitrică. 2021. “Developing an Indicator-Based Framework to Measure Sustainable Tourism in Romania. A Territorial Approach.” *Sustainability (Switzerland)* 13 (5): 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13052649>.
- Mocanu, Irena, Bianca Mitrică, Monica Dumitrașcu, Nicoleta Damian, Mihaela Persu, and Cristina Dumitrică. 2020. *Socio-Economic and Environmental Vulnerability To Heat-Related Phenomena in Dobrogea, Romania. GEOLINKS Conference Proceedings, Book 2 Volume 2*. Vol. 2. <https://doi.org/10.32008/geolinks2020/b2/v2/13>.
- Moran, P. A. P., and M. G. Kendall. 1951. *Rank Correlation Methods. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*. 4th editio. Vol. 114. London: Charles Griffin & Co. Ltd. <https://doi.org/10.2307/2980903>.
- Moss, R., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, et al. 2008. *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*.
- Mushore, T.D., O. Mutanga, and J. Odindi. 2017. “Determining Extreme Heat Vulnerability of Harare Metropolitan City Using Multispectral Remote Sensing and Socio-Economic Data.” *Journal of Spatial Science* 63 (March): 173–91. <https://doi.org/10.1080/14498596.2017.1290558>.
- “Net Zero by 2050.” 2021. *Net Zero by 2050*. <https://doi.org/10.1787/c8328405-en>.
- Norris, Fran H., Matthew J. Friedman, Patricia J. Watson, Christopher M. Byrne, Eolia Diaz, and Krzysztof Kaniasty. 2002. “60,000 Disaster Victims Speak: Part I. An Empirical Review of the Empirical Literature, 1981-2001.” *Psychiatry* 65 (3): 207–39. <https://doi.org/10.1521/psyc.65.3.207.20173>.
- Nyumba, O.T., K. Wilson, C.J. Derrick, and N. Mukherjee. 2018. “The Use of Focus Group Discussion Methodology: Insights from Two Decades of Application in Conservation.” *Methods in Ecology and Evolution* 9 (1): 20–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/2041-210X.12860>.
- O’Brien, K., S. Eriksen, A. Schjolden, L. Nygaard, K. O’Brien, and K. Alfsen. 2004. “What’s in a Word? Conflicting Interpretations of Vulnerability in Climate Change Research.” *Climate Policy* 7 (January).
- Obradovich, Nick, Robyn Migliorini, Martin P. Paulus, and Iyad Rahwan. 2018. “Empirical Evidence of Mental Health Risks Posed by Climate Change.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (43): 10953–58. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801528115>.
- Ortega-Gaucin, D., J. Cruz, and H. Castellano Bahena. 2018. “Drought Vulnerability Indices in Mexico.” *Water* 10 (November): 1671. <https://doi.org/10.3390/w10111671>.
- Orwig, K. D., M. L. Ahlstrom, V. Banunarayanan, J. Sharp, J. M. Wilczak, J. Freedman, S. E. Haupt, et al. 2015. “Recent Trends in Variable Generation Forecasting and Its Value to the Power System.” *IEEE Transactions on Sustainable Energy* 6 (3): 924–33. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2014.2366118>.
- PENMAN, H. L. 1948. “Natural Evaporation from Open Water, Hare Soil and Grass.” *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences* 193 (1032): 120–45. <https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037>.
- Picard, N., Garavaglia, V. 2017. “Vulnerability of Mediterranean Forests to Climate Change,” 9. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19700.45442>.

- Popa, Ionel. 2009. “Doborâturi Produse De Vânt-Factor De Risc În Ecosistemele Forestiere Montane Windthrow-Risk Factor in Mountainous Forest Ecosystems.”
- Popescu, Andreea, Oana-Alexandra Oprea, Daniel Alexandru, and Rodica Tudor. 2019. “Variația Parametrului Evapotranspirație Obținut Prin Metode Diferite Și Simularea Impactului Asupra Productivității Culturii de Porumb Din România.” București: Sesiunea Științifică Anuală, Administrația Națională de Meteorologie.
- Radu, M. A., E. Mateescu, O.A. Oprea, R. Tudor, and A. Popescu. 2017. “Indicatori de Risc Hidric Cu Impact Asupra Culturilor de Grâu de Toamnă Din România.” In *Sesiunea Științifică Anuală, Administrația Națională de Meteorologie*.
- Reichle, R., J. Walker, R. Koster, and P. Houser. 2002. “Extended versus Ensemble Kalman Filtering for Land Data Assimilation.” *Journal of Hydrometeorology - J HYDROMETEOROL* 3 (December). [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2002\)003<0728:EVEKFF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2002)003<0728:EVEKFF>2.0.CO;2).
- Rofi, A., S. Doocy, and C. Robinson. 2006. “Tsunami Mortality and Displacement in Aceh Province, Indonesia.” *Disasters* 30 (3): 340–50. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2005.00324.x>.
- Rufat, S., E. Tate, C.G. Burton, and A.S Maroof. 2015. “Social Vulnerability to Floods: Review of Case Studies and Implications for Measurement.” *International Journal of Disaster Risk Reduction* 14: 470–86. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.09.013>.
- Ruiz-Rufino, R., and S. Alonso Sáenz de Oger. 2016. “Democracy without Choice: Citizens’ Perceptions of Government Autonomy during the Eurozone Crisis: DEMOCRACY WITHOUT CHOICE.” *European Journal of Political Research* 56 (December). <https://doi.org/10.1111/1475-6765.12187>.
- Salvati, L., Carlucci, M. 2014. “A Composite Index of Sustainable Development at the Local Scale: Italy as a Case Study.” *Ecological Indicators* 43: 162–71. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.021>.
- Sandhu-Rojon R. 2015. “Selecting Indicators for Impact Evaluation.” <http://www.i-three.org/wp-content/uploads/2015/03/Selecting-Indicators-for-Impact-Evaluation.pdf>.
- Sandu, I., and E. Mateescu. 2014. “Schimbări Climatice – Provocare Majoră Pentru Cercetarea Agricolă.” In *Schimbări Climatice – Provocare Majoră Pentru Cercetarea Agricolă.*, edited by N.N. Saulescu, 17–36. Bucuresti: Editura Academiei Române.
- Saniotis, A., A. Hansen, D. Kralik, P. Arbon, M. Nitschke, and P. Bi. 2015. “Building Community Resilience to Heatwaves in South Australia.” *Transactions of the Royal Society of South Australia* 139 (1): 113–20. <https://doi.org/10.1080/03721426.2015.1035220>.
- Schneiderbauer, S. 2007. “Risk and Vulnerability to Natural Disasters—from Broad View to Focused Perspective.” <https://doi.org/10.17169/refubium-11647>.
- Schuschny, A., și Soto, H. 2009. “Guía Metodológica. Diseño de Indicadores Compuestos de Desarrollo Sostenible.” Santiago de Chile.
- Scinocca, J .F., V. V. Kharin, Y. Jiao, M.W. Qian, M. Lazare, L Solheim, G. M. Flato, S. Biner, M. Desgagne, and B. Dugas. 2016. “Coordinated Global and Regional Climate Modeling.” *Journal of Climate* 29 (1): 17–35. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0161.1>.
- Senlier, N., Yildiz, R., Aktaş, D. 2008. “A Perception Survey for the Evaluation of Urban Quality of Life and a Comparison of the Satisfaction with the European Cities.” *Social Indicators Research* 94.
- Șerban, P.-R, and Cristian Tălângă. 2015. “Is Social Resilience an Economic Structure Issue or Just the Ability of Communities to Cope with External Stress?” *Journal of Urban and Regional Analysis* 7 (August): 59–68.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. 2012. “An Overview of Sustainability Assessment Methodologies.” *Ecological Indicators* 9 (2): 189–212.
- Sinh, Nguyen Van, Martin Wiemers, and Josef Settele. 2017. “Proposal for an Index to Evaluate Dichotomous Keys.” *ZooKeys* 2017 (685): 83–89. <https://doi.org/10.3897/zookeys.685.13625>.



- Smit, B., and J. Wandel. 2006. "Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability." *Global Environmental Change* 16 (August): 282–92. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>.
- Șofletea N., Curtu L. 2008. *Dendrologie*. Brașov: Pentru Viață.
- Stănescu, V., C. Corbuș, and M. Simota. 1999. *Modelarea Impactului Schimbărilor Climatice Asupra Resurselor de Apă*. HGA.
- Stângă, I. C. 2012. *Bazinul Tutovei. Riscurile Naturale Și Vulnerabilitatea Teritoriului*. Iași: Editura Universității „Al.I. Cuza”.  
[https://www.editura.uaic.ro/produse/domenii/stiinte\\_ale\\_naturii/bazinul-tutovei-riscurile-naturale-si-vulnerabilitatea-teritoriului-1089/1](https://www.editura.uaic.ro/produse/domenii/stiinte_ale_naturii/bazinul-tutovei-riscurile-naturale-si-vulnerabilitatea-teritoriului-1089/1).
- Stângă, I. C., and A. Grozavu. 2012. "Quantifying Human Vulnerability in Rural Areas: Case Study of Tutova Hills (Eastern Romania)." *Natural Hazards and Earth System Science* 12 (6): 1987–2001. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1987-2012>.
- Steinführer, A., and C. Kuhlicke. 2007. "Social Vulnerability and the 2002 Flood COUNTRY REPORT GERMANY (MULDE RIVER)."
- Suckling, Emma. 2018. "Seasonal-to-Decadal Climate Forecasting." In *Weather & Climate Services for the Energy Industry*, 123–37. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5_9).
- Suditu, B., and D. G. Vâlceanu. 2013. "Informal Settlements and Squatting in Romania: Socio-Spatial Patterns and Typologies." *Human Geographies* 7 (2): 65–75. <https://doi.org/10.5719/hgeo.2013.72.65>.
- Svizzero, Serge, and Clement A. Tisdell. 2016. "Economic Evolution, Diversity of Societies and Stages of Economic Development: A Critique of Theories Applied to Hunters and Gatherers and Their Successors." *Cogent Economics and Finance* 4 (1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2016.1161322>.
- Swart, R., J. Fons, W., Geertsema, B., van Hove, M., Gregor, M., Havranek, C., Jacobs, et al. 2012. "Urban Vulnerability Indicators. A Joint Report of ETC-CCA and ETC-SIA. Copenhagen: ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report, ." *Researchgate.Net*. <http://cca.eionet.europa.eu/>.
- Thomas, D. S. K., B.D. Phillips, W. E. Lovekamp, and A Fothergill. 2013. *Social Vulnerability to Disasters, Second Edition*. 2nd Editio. CRC Press.
- Timmerman, J. G., V. Bacciu, I. Coninx, J. Fons, M. Gregor, M. Havránek, C. Jacobs, et al. 2015. *Map Book Urban Vulnerability to Climate Change – Factsheets*.
- Tiran, J. 2016. "Measuring Urban Quality of Life: Case Study of Ljubljana." *Acta Geographica Slovenica* 56 (1): 57–73. <https://doi.org/10.3986/AGS.828>.
- Torres-Delgado, A., and J. Saarinen. 2014. "Using Indicators to Assess Sustainable Tourism Development: A Review." *Tourism Geographies* 16 (1): 31–47. <https://doi.org/10.1080/14616688.2013.867530>.
- Tunstall, S., S. Tapsell, C. Green, P. Floyd, and C. George. 2006. "The Health Effects of Flooding: Social Research Results from England and Wales." *Journal of Water and Health* 4 (3): 365–80. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.031>.
- Turner, B. L., Roger E. Kasperson, Pamela A. Matsone, James J. McCarthy, Robert W. Corell, Lindsey Christensene, Noelle Eckley, et al. 2003. "A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 100. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.
- Turner, B., P. Matson, J. Mccarthy, R. Corell, L. Christensen, N. Selin, J. Kasperson, et al. 2003. "Illustrating the Coupled Human-Environment System for Vulnerability Analysis: Three Case Studies." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100 (August): 8080–85. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231334100>.
- UNECE. 2020. "Climate Change Impacts and Adaptation for Transport Networks and Nodes." Vol. 148.
- Vâlceanu, D. G., and L. Zulaica. n.d. "INDICELE CALITĂȚII LOCUIRII-INSTRUMENT DE



## EVALUARE A CALITĂȚII LOCUIRII URBANE.”

- Victora, C., R. Black, B. Ties, and J. Bryce. 2011. “Measuring Impact in the Millennium Development Goal Era and beyond: A New Approach to Large-Scale Effectiveness Evaluations.” *Lancet* 377 (January): 85–95. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60810-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60810-0).
- Völker, S., H. Baumeister, T. Classen, C. Hornberg, and T. Kistemann. 2013. “Evidence for the Temperature-Mitigating Capacity of Urban Blue Space - A Health Geographic Perspective.” *Erdkunde* 67 (4): 355–71. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2013.04.05>.
- Wang, Xianfeng, Augusto S Auler, R Lawrence Edwards, Hai Cheng, Patricia S Cristalli, Peter L Smart, David A Richards, and Chuan-Chou Shen. 2004. “Wet Periods in Northeastern Brazil over the Past 210 Kyr Linked to Distant Climate Anomalies.” *Nature* 432 (7018): 740–43. <https://doi.org/10.1038/nature03067>.
- Warren, John, and Richard O. Gilbert. 1988. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Technometrics*. Vol. 30. <https://doi.org/10.2307/1270090>.
- Weiskopf, Sarah R, Madeleine A Rubenstein, Lisa G Crozier, Sarah Gaichas, Roger Griffis, Jessica E Halofsky, Kimberly J W Hyde, et al. 2020. “Climate Change Effects on Biodiversity, Ecosystems, Ecosystem Services, and Natural Resource Management in the United States.” *Science of the Total Environment* 733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>.
- Węziak-Białowolska, D. 2016. “Quality of Life in Cities – Empirical Evidence in Comparative European Perspective.” *Cities* 58: 87–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.016>.
- WMO. 2012. *Guide to Agricultural Meteorological Practices. WMO-No. 134*.
- Wolf, Tanja, and Glenn McGregor. 2013. “The Development of a Heat Wave Vulnerability Index for London, United Kingdom.” *Weather and Climate Extremes* 1: 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.07.004>.
- Xing, Zisheng, Lien Chow, Fan-Rui Meng, Herb W Rees, Lionel Steve, and John Monteith. 2008. “Validating Evapotranspiration Equations Using Bowen Ratio in New Brunswick, Maritime, Canada.” *Sensors* 8 (1): 412–28. <https://doi.org/10.3390/s8010412>.
- Xu, B., X. Chen, W. Lu, and C. Zhao. 2014. “Xu et Al. APL 2014.”
- Yates, D. 1994. “WatBal - An Integrated Water Balance Model for Climate Impact Assessment of River Basin Runoff.” Laxenburg.
- Yohe, G., and R. Tol. 2001. “Indicators for Social and Economic Coping Capacity- Moving Toward a Working Definition of Adaptive Capacity.” *Global Environmental Change* 12 (July): 25–40. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00026-7).
- Yuan, X. C., Q. Wang, K. Wang, B. Wang, Ju L. Jin, and Yi.M. Wei. 2015. *China’s Regional Vulnerability to Drought and Its Mitigation Strategies under Climate Change: Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy Process Integrated Approach. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. Vol. 20. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9494-7>.
- Zakour, D., and M. Gillespie. 2013. *Community Disaster Vulnerability. Theory, Research and Practice*. 1st ed. New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5737-4>.



## **Proiect**

**„Consolidarea capacității instituționale pentru îmbunătățirea politicilor din domeniul schimbărilor climatice și adaptarea la efectele schimbărilor climatice”**

**Cod SIPOCA/MySmis:610/127579**

### **Raport privind activitatea A.2.**

“Realizarea unui studiu privind evaluarea impactului potențial al fenomenelor de risc climatic asupra unor sectoare cheie vulnerabile și populației (calitatea aerului), metode de predicție a impactului variabilității climatice și analiza spațială pentru identificarea diferențierilor regionale ale posibilelor impacturi”

### **Raport privind activitatea A2.3**

“Realizarea unui studiu privind metodele de evaluare și predicție a impactului potențial al variabilității climatice (incluzând evenimentele meteorologice extreme) asupra sectoarelor cheie vulnerabile, inclusiv analiza spațială pentru identificarea diferențierilor regionale în scopul regionalizării riscurilor climatice actuale și viitoare”

**Raport realizat în cadrul contractului de servicii nr. 72/23.06.2021**

**ANEXA 1 - Metode de calcul pentru indicatori sectoriali în cadrul scenariilor climatice**

**Octombrie 2021**



## Cuprins

Definiția și metoda de calcul a indicatorilor sectorial orientați .....	3
Indicatorii sectoriali în cadrul scenariilor climatice.....	4

## ANEXA 1 - Metode de calcul pentru indicatori sectoriali în cadrul scenariilor climatice

### Definiția și metoda de calcul a indicatorilor sectorial orientați

Metoda de: definire, calcul și post-procesare a Indicatorilor Sectoriali specifici – selectați de către experții utilizatori – în vederea analizei climatice regionale (A2.4) și a analizei de impact (A2.5) este schematizată în Figura 1.1 și descrisă mai jos, pentru fiecare sector.

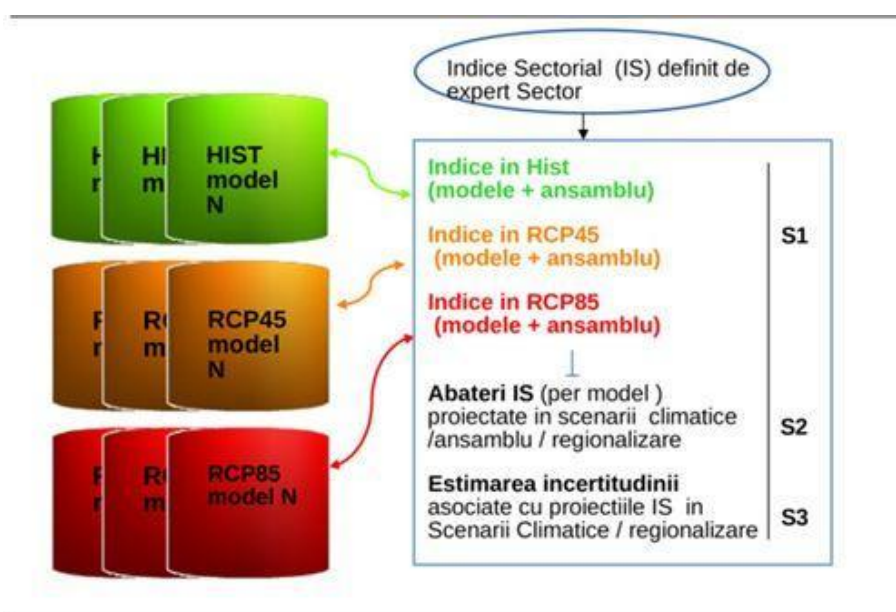


Figura 1.1. Fluxul de date Input/Output pentru calculul Indicatorilor Sectoriali. Pașii algoritmului de calcul sunt sintetizați în 3 etape (S1-S3), etape detaliate mai jos pentru fiecare indicator.

Descrierea algoritmilor de calcul aplicați (pașii S1-S3 schematizați în Figura 1.1) cu particularizare pentru fiecare Sector Cheie:

- ❖ **S1:** - definirea indicelui sectorial IS, extragerea și pre-procesarea datelor climatice; calculul indicatorului pentru fiecare model (Tabel 1.1), fiecare perioadă (Tabel 1. 2), fiecare scenariu;
- ❖ **S2:** - se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală, trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele:  $P_i$  ( $i=1-6$ ) (Figura 1.2); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;
- ❖ **S3:** - se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada  $P_i$  (media ansamblului, ecart, minima/ maxima, etc) pentru estimarea incertitudinii asociate.



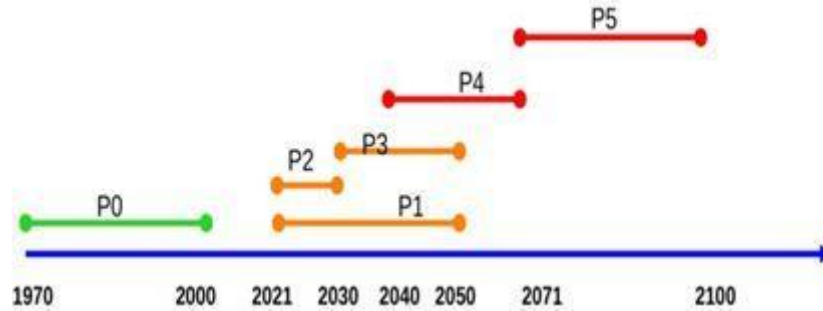


Figura 1.2. Perioadele de timp analizate în scenarii climatice

Tabel 1. 1. Lista modelelor globale climatice (GCMs) folosite pentru analiza scenariilor climatice pentru România

Nr. crt.	Model Global	Centrul de Modelare
1	EC-EARTH (ECE)	SMHI (Hazeleger et al. 2010)
2	MPI-ESM-LR (MPI)	Max Planck Institute for Meteorology (Popke et al. 2013)
3	CNRM-CM5 (CNRM)	Centre National de Recherches Météorologiques/ Centre Européen (Voldoire et al. 2012)
4	IPSL-CM5A-MR (IPSL)	Institut Pierre-Simon Laplace (Dufresne et al. 2013)
5	NorESM1-M (NORM)	Norwegian Climate Centre (Bentsen et al. (2013)
6	HadGEM2-ES (MOHC)	Met Office Hadley Centre (Collins et al. 2011)

Tabel 1. 2. Lista modelelor globale climatice (GCMs) folosite pentru analiza scenariilor climatice pentru România

Nr. crt.	Model Global	Centrul de Modelare
1	RCA4	SMHI (Strandberg et al. 2015)
2	RACMO22E	KNMI (van Meijgaard et al. 2008, Van Wessem et al. 2018)
3	REMO2015	GERICS (Pietikäinen et al. 2018)
4	CCLM4-8-17	CLMcom (Panitz et al. 2015)
5	HIRHAM5	DMI (Christensen et al. 2007, Dumitrescu & Busuioc 2016)

### Indicatorii sectoriali în cadrul scenariilor climatice

Nr. crt.	Indicator Sectorial în proiecții climatice	Date Parametri climatici	Model	Metoda de calcul pentru indicatorii sectoriali (Figura 2.1.1)	Software dezvoltat în proiect
<b>Energie</b>					
1	Nr. zile S22	Temperatura medie diurnă (°C)	ECE+RCA4; MPI+RCA4; CNRM+RCA4; IPSL+RCA4; MOHC+RCA4	S1: se consideră nr. de zile (S22) din fiecare an care satisfac condiția $T_g > 22^\circ\text{C}$ ; se calculează media multi-anuală a S22 pentru intervalul $P_i$ considerat S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală $P_0$ etc.) pentru perioadele: $P_i$ ( $i=1-6$ ); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada $P_i$ (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	script Shell, ncl/libs
2	Nr. zile S15,5	Temperatura medie diurnă (°C)		S1: se consideră nr. de zile (S15,5) din fiecare an care satisfac condiția $T_g < 15.5^\circ\text{C}$ ; se calculează media multi-anuală a S15,5 pentru intervalul $P_i$ considerat S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală $P_0$ etc.) pentru perioadele: $P_i$ ( $i=1-6$ ); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada $P_i$ (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
3	Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura maximă depășește $30^\circ\text{C}$ , respectiv $35^\circ\text{C}$ : S30 S35 (nr de zile)	Temperatura maximă diurnă (°C)	ECE+RCA4; MPI+RCA4; CNRM+RCA4; IPSL+RCA4; MOHC+RCA4 bd=CORDEX, 11 km	S1: se consideră doar intervalele de 5 zile consecutive în care temperatura maximă a zilei $T_N > 30^\circ\text{C}$ ; S30 reprezintă numărul total al acestor intervale pentru un an; se mediază multi-anual pentru intervalul $P_i$ considerat S1: se consideră doar intervalele de 5 zile consecutive în care temperatura maximă a zilei $T_N > 35^\circ\text{C}$ ; S35 reprezintă numărul total al acestor intervale pentru un an; se mediază multi-anual pentru intervalul $P_i$ considerat S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală	

				<p>P0 etc.) pentru perioadele: <math>P_i</math> (<math>i=1-6</math>); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada <math>P_i</math> (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	
4	<p>Număr de intervale de 5 zile consecutive în care temperatura minimă depășește <math>-15^{\circ}\text{C}</math>, respectiv <math>-20^{\circ}\text{C}</math>:</p> <p>G-2 G-3 (nr de zile)</p>	<p>Temperatura minimă diurnă (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</p>		<p>S1: se consideră doar intervalele de 5 zile consecutive în care temperatura minimă a zilei <math>T_X &lt; -15^{\circ}\text{C}</math>; G-2 reprezintă numărul total al acestor intervale pentru un an; se mediază multi-anual pentru intervalul <math>P_i</math> considerat</p> <p>S1: se consideră doar intervalele de 5 zile consecutive în care temperatura minimă a zilei <math>T_X &lt; -20^{\circ}\text{C}</math>; G-3 reprezintă numărul total al acestor intervale pentru un an; se mediază multi-anual pentru intervalul <math>P_i</math> considerat</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: <math>P_i</math> (<math>i=1-6</math>); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada <math>P_i</math> (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	
5	<p>Debut sezon termoficare: G-4 (nr de zile după data de 2 Septembrie)</p>	<p>Temperatura medie diurnă (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</p>		<p>S1: se definește G-4 ca fiind primul interval de 3 zile consecutive din intervalul 1 Septembrie - 31 Decembrie a anului în care temperatura medie diurnă nu depășește <math>10^{\circ}\text{C}</math>; G-4 reprezintă ziua de mijloc a acestui prim interval. Indicele G-4 se mediază multi-anual pentru intervalul <math>P_i</math> considerat</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: <math>P_i</math> (<math>i=1-6</math>); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada <math>P_i</math> (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	<p>sursa Fortran</p> <p>script Shell, ncl/libs</p>
6	<p>Sfârșit sezon termoficare: G-5 (nr de zile după data de 2 Martie)</p>	<p>Temperatura medie diurnă (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</p>		<p>S1: se definește G-5 ca fiind primul interval de 3 zile consecutive din intervalul 1 Martie - 30 Iunie a anului în care temperatura medie diurnă depășește <math>10^{\circ}\text{C}</math>; G-5 reprezintă ziua de mijloc a acestui prim interval. Indicele G-5 se mediază multi-anual pentru intervalul <math>P_i</math> considerat</p>	

				<p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	
7	Lungime sezon termoficare: G-6 (nr de zile)	Temperatura medie diurnă (°C)		<p>S1: se definește G-6 ca fiind numărul de zile al unui sezon de termoficare pentru care debutul este definit prin G-4 și sfârșitul prin G-5; Indicele G-6 se mediază multi-anual pentru intervalul Pi considerat</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	
8	Numărul de zile cu averse de ninsoare AvSn (nr de zile)	Fluxul de precipitații sub formă de ninsoare (kg/m <sup>2</sup> /s)	ECE+RCA4; ECE+RACMO22E; MPI+RCA4; CNRM+RCA4; NCC+REMO2015 bd=CORDEX 11 km	<p>S1: AvSn: indică prezența precipitațiilor solide acumulate în 24 ore &gt; THRES</p> <p>Au fost considerate 3 valori pentru THRES: 10 cm (averse) ; 20 cm (averse severe) și 80 cm (averse extreme)</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	script Shell, ncl/libs
9	Numărul de zile cu vijelii Vg (nr de zile)	Vânt la rafală (modulul vectorului / intensitate) (m/s)		<p>S: Vg* este definit ca fiind vântul intens la rafală cu intensitatea (modulul vectorului): Vg &gt; THRES</p> <p>Au fost considerate 2 valori pentru THRES: 15 m/s (vijelii Vg15) ; și 20 m/s (vijelii severe, Vg20)</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui</p>	



				<p>calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	
10	Numărul de zile cu viscol Vs (nr de zile)	<p>- Vânt la rafală (modulul vectorului) (m/s);</p> <p>- Fluxul de precipitații sub formă de ninsoare (kg/m<sup>2</sup>/s)</p>	MPI+RCA4; CNRM+RCA4; NCC+REMO2015 bd=CORDEX, 11km	<p>S1: Vs este definit prin prezența simultană a: - vântului intens la rafală ( Vg15 &gt;15m/s – viscol; Vg20 &gt;20m/s – viscol sever) și – a ninsorii (&gt;10cm). În definirea Vs au fost considerate 2 valori pentru Vg: VG&gt; 15 m/s (viscol) și Vg&gt;20 m/s (viscol sever)</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	
<b>Transporturi</b>					
1	Număr de zile ce favorizează gheața la sol NrIce (nr. zile)	<p>- Vânt la rafală (modulul vectorului) (m/s);</p> <p>- Fluxul de precipitații-ninsoare (kg/m<sup>2</sup>/s)</p> <p>- Temperatura medie diurnă (°C)</p>	ECE+RCA4; ECE+RACMO22E; CNRM+RCA4; bd=CORDEX, 11km	<p>S1: NrIce este calculat condiționând prezența simultană a: vântului la rafală moderat ( Vg&gt;4m/s), a ninsorii moderate (3cm / zi ) și temperatura la 2m sub -2°C.</p> <p>S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;</p> <p>S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.</p>	script Shell; ncl/libs
2	Viteza maximă anuală a vântului V10max (m/s) Vgmax (m/s)	Viteza maximă anuală a vântului (m/s)	ECE+RCA4; ECE+CCLM-8-17; ECE+RACMO22E; ECE+HIRHAM5;	<p>S1: V10max se calculează maximul anual al vântului (intensitate) în fiecare punct de grilă, din date cu frecvența de 6 ore (00, 06, 12, 18 UTC). A fost calculat un al doilea parametru: vântul maxim anual la rafală: Vgmax: acesta este maximul anual al vântului la rafală în fiecare punct de grila; se</p>	

			MPI+RCA4; MPI+CCLM-8-17; CNRM+RCA4; CNRM+CCLM-8-17 CNRM+RACMO22 NCC+REMO2015; NNCC+HIRHAM; NCC+RCA4; IPSL+RCA4; MOHC+HIRHAM; MOHC+RACMO22; MOHC+RCA4 bd=CORDEX, 11km	prelucreaza medii multianuale V10max și Vgmax pentru perioadele analizate S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
3	Indicele meteorologic pentru Incendii (Fire Weather Index) FWI (adimensional)		medie multi-model bd=CMIP5/ COPERNICUS	S1: Indice anual de avertizare incendii de pădure <sup>1</sup> , procesat pentru perioadele Pi S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
4	Numărul de zile cu averse de ninsoare AvSn (nr de zile)	Fluxul de precipitații sub formă de ninsoare (kg/m <sup>2</sup> /s)	ECE+RCA4; ECE+RACMO22E; MPI+RCA4; CNRM+RCA4; NCC+REMO2015 bd=CORDEX 11 km	S1: AvSn: indică prezența precipitațiilor solide acumulate în 24 ore > THRES Au fost considerate 3 valori pentru THRES: 10 cm (averse) ; 20 cm (averse severe) și 80 cm (averse extreme) S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/

<sup>1</sup> <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications/download-pdf/19927>

				maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
5	Număr de zile cu viscol Vs (nr de zile)	- Vânt la rafală (modulul vectorului) (m/s); - Fluxul de precipitații sub formă de ninsoare (kg/m <sup>2</sup> /s)	MPI+RCA4; CNRM+RCA4; NCC+REMO2015 bd=CORDEX, 11km	S1: Vs este definit prin prezența simultană a: - vântului intens la rafală ( Vg15 >15m/s – viscol; Vg20 >20m/s – viscol sever) și – a ninsorii (>10cm). În definirea Vs au fost considerate 2 valori pentru Vg: VG> 15 m/s (viscol) și Vg>20 m/s (viscol sever) S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
<b>Managementul resurselor de apă</b>					
1	Indicele de ariditate Maronne IM (mm/°C)	- Fluxul de precipitații (Bias-Corectat) (kg/m <sup>2</sup> /s) - Temperatura medie diurnă (°C) (Bias- Corectată)	ECE+RCA4; ECE+CCLM-8-17; ECE+RACMO22E; ECE+HIRHAM5; MPI+RCA4; MPI+CCLM-8-17; CNRM+RCA4; CNRM+CCLM-8-17 CNRM+RACMO22; NCC+REMO2015 bd=CORDEX, 11km	S1: IM este raportul dimensional între precipitațiile anuale totale (mm) și (temperatura medie anuală ((°C)) + 10°C), IM are 7 clase de climat: 1) Arid: IM<10; 2) Semiarid 10≤IM<20; 3) Mediteranean: 20≤IM<24; 4) Semi-umed: 24≤IM<28; 5) Umed: 28≤ID<35; 6) Foarte Umed: 35≤ID<55; 7) Extrem de umed: ID>55 S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	script Shell; ncl/libs
2	Rezerva de umiditate a solului RSO	Conținutul de umezeală în sol (kg/m <sup>2</sup> )	ECE+RCA4; MPI+RCA4; CNRM+RCA4;	S1: Pentru fiecare model, fiecare perioada Pi și scenariu (RCP45 și RCP85) se calculează valori RSO acumulate annual pentru sezonul: AMJJAS (S1) S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui	

	(kg/m <sup>2</sup> )		IPSL+RCA4; MOHC+RCA4 bd=CORDEX, 11km	calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
<b>Agricultura</b>					
1	Rezerva de umiditate a solului RSO (kg/m <sup>2</sup> )	Conținutul de umezeală în sol (kg/m <sup>2</sup> )	ECE+RCA4; MPI+RCA4; CNRM+RCA4; IPSL+RCA4; MOHC+RCA4 bd=CORDEX, 11 km	S1: Pentru fiecare model, fiecare perioada Pi și scenariu (RCP45 și RCP85) se calculează valori RSO acumulate annual pentru sezonul: AMJJAS (S1) S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	script Shell, ncl/libs
2	Unități de arșiță H32t (°C)	Temperatura maximă diurnă a aerului (°C) Date zilnice		S1: se consideră lunile de vară JJA, și se adună numărul de grade din an cu care care temperatura maximă diurnă depășește 32°C (în cazul depășirii); se mediază multi-anual pentru intervalul Pi considerat S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
3	Nr. de zile de arșiță H32n (nr. zile)	Temperatura maximă diurnă a aerului Date zilnice		S1: se consideră lunile de vară JJA, și se adună numărul de zile din an în care temperatura maximă diurnă depășește 32°C; se mediază multi-anual pentru Pi S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT;	



				S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
4	Nr. Unități de ger -10°C: WSFt-10 -15°C: WSFt-15 (°C)	Temperatura minimă diurnă a aerului (°C) Date zilnice		S1: se consideră lunile de iarnă DJF, și se adună numărul de grade din an în care minima diurnă este mai mică decât -10°C (unități de ger WSFt-10), se mediază pentru intervalul multianual considerat; La fel se procedează pentru temperatura minimă de -15C (indicator WSFt-15) S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
5	Nr. zile de ger -10°C: WSFn-10 -15°C: WSFn-15 (°C)	Temperatura minimă diurnă a aerului (°C) Date zilnice		S1: se consideră lunile de iarnă DJF, și se adună numărul de zile din an în care minima diurnă este mai mică decât -10°C (unități de ger WSFn-10), se mediază pentru intervalul multianual considerat; La fel se procedează pentru temperatura minimă de -15C (indicator WSFn-15) S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
<b>Silvicultură</b>					
1	Viteza maximă anuală a vântului V10max (m/s) Vgmax (m/s) indici derivati:	- Viteza maximă anuală a vântului - Viteza vântului la rafală - maxima anuală	ECE+RCA4; ECE+CCLM-8-17; ECE+RACMO22E; ECE+HIRHAM5; MPI+RCA4; MPI+CCLM-8-17; CNRM+RCA4;	S1: V10max se calculează maximul anual al vântului (intensitate) în fiecare punct de grilă, din date cu frecvența de 6 ore (00, 06, 12, 18 UTC). A fost calculat un al doilea parametru: vântul maxim annual la rafală: Vgmax: acesta este maximul annual al vântului la rafală în fiecare punct de grilă; se prelucrează medii multianuale V10max și Vgmax pentru perioadele analizate; S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de	script Shell, ncl/libs

	max/min (V10max) max/min (Vgmax)		CNRM+CCLM-8-17 CNRM+RACMO22; NCC+REMO2015;N NCC+HIRHAM; NCC+RCA4; IPSL+RCA4; MOHC+HIRHAM; MOHC+RACMO22; MOHC+RCA4 bd=CORDEX, 11km	perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: are estimări adiționale pentru vânt: (parametrilor derivați, utilizați mai departe în estimarea incertitudinii), calculați per model: - min(V10max) / max (V10max); - min(Vgmax) / max (Vgmax).	
2	Indicele meteorologic pentru Incendii (Fire Weather Index) FWI (adimensional)		medie multi-model bd=CMIP5/ COPERNICUS	S1: Indice anual de avertizare incendii de pădure <sup>2</sup> , procesat pentru perioadele Pi S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
<b>Turism și activități recreative</b>					
1	Viteza maximă anuală a vântului V10max (m/s) Vgmax (m/s)  indici derivați: max(V10max) (m/s) min(V10max) (m/s)	-Viteza maximă anuală a vântului - Viteza vântului la rafală - maxima anuală	ECE+RCA4; ECE+CCLM-8-17; ECE+RACMO22E; ECE+HIRHAM5; MPI+RCA4; MPI+CCLM-8-17; CNRM+RCA4; CNRM+CCLM-8-17 CNRM+RACMO22; NCC+REMO2015;N NCC+HIRHAM; NCC+RCA4;	S1: V10max se calculează maximul anual al vântului (intensitate) în fiecare punct de grilă, din date cu frecvența de 6 ore (00, 06, 12, 18 UTC). A fost calculat un al doilea parametru: vântul maxim anual la rafală: Vgmax: acesta este maximul anual al vântului la rafală în fiecare punct de grilă; se prelucrează medii multianuale V10max și Vgmax pentru perioadele analizate; S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: are estimări adiționale pentru vânt: (variabilitate): acestea includ analiza adițională a parametrilor derivați (și utilizați mai departe în estimarea	Script prelucrare (shell)

<sup>2</sup> <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications/download-pdf/19927>

	max(Vgmax) (m/s) min(Vgmin) (m/s)		IPSL+RCA4; MOHC+HIRHAM; MOHC+RACMO22; MOHC+RCA4 bd=COPERNICUS	incertitudinii), calculați per model: - min(V10max) / max (V10max); - min(Vgmax) / max (Vgmax)
2	Indicele meteorologic pentru Incendii (Fire Weather Index) FWI (adimensional)		medie multi-model bd=CMIP5/ COPERNICUS	S1: Indice anual de avertizare incendii de pădure <sup>3</sup> , procesat pentru perioadele Pi S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
3	Temperatura apei mării SST (°C)	Temperatura apei mării la suprafață (°C)	CNRM-CM6-1; ECE-Veg-LR; HADGEM3-Gc31-LL IPSL-CM6A-LR; MPI-ESM1-2-LR; MIROC6 bd=CMIP6 (scenarii: SSP245; SSP585)	S1: media anuală SST; mediere multi-anuală pentru perioadele Pi; medie a ansamblului multi-model S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
4	Evoluția stratului de zăpadă (grosime) SND (cm)	Grosimea stratului de zăpadă (cm)	IEC-EARTH; IPSL-CM5A-MR; MPI-ESM-LR bd=CORDEX, 11 km	S1: media anuală SND; mediere multi-anuală pentru perioadele Pi; medie a ansamblului multi-model S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/

<sup>3</sup> <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications/download-pdf/19927>

				maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
5	Data de început a sezonului cu strat continuu de zăpadă > 30cm season_begin (nr zilei după 1 August)	Grosimea stratului de zăpadă (cm)	IEC-EARTH; IPSL-CM5A-MR; MPI-ESM-LR MOHC-HadGEM2  cuplaj: modele globale / model regional SMHI-RCA4/ SURFEX/ CROCUS bd= COPERNICUS	S1: media anuală SND; mediere multi-anuală pentru perioadele Pi; medie a ansamblului multi-model S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	sursa Fortran  script Shell, ncl/libs
6	Data de sfârșit a sezonului cu strat continuu de zăpadă > 30cm season_end (nr zilei după 1 August)	Grosimea stratului de zăpadă (cm)		S1: din datele zilnice se identifică pentru fiecare regiune NUT3 din România și grosimea stratului de zăpadă (rezoluția de 100m), prima zi care satisface criteriul de strat natural de zăpadă continuu cu grosimea mai mare de 30cm în anul respectiv, definit: 1 August-31Iulie S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
7	Lungimea sezonului cu strat continuu de zăpadă de grosime > 30 cm snn_height_30 (nr. de zile)	Grosimea stratului de zăpadă (cm)		S1: din datele zilnice se identifică pentru fiecare regiune NUT3 din România și grosimea stratului de zăpadă (rezoluția de 100m), ultima zi care satisface criteriul de strat natural de zăpadă continuu cu grosimea mai mare de 30cm în anul respectiv, definit: 1 August-31Iulie S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	
8	Lungimea sezonului cu strat	Grosimea		S1: din datele zilnice se identifică pentru fiecare regiune NUT3 din România	



	continuu de zăpadă de grsime > 50 cm snn_height_50 (nr. de zile)	stratului de zăpadă (cm)		și grosimea stratului de zăpadă (rezoluția de 100m), lungimea sezonului (unde există) cu strat continuu natural cu grosimea mai mare de 50cm în anul respectiv, definit: 1 August-31Iulie S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
9	Lungimea perioadei cu cantitate mare de zăpadă naturală (echivalent în apă >120kg/m <sup>2</sup> ) snn_ammount_120 (nr de zile)	Grosimea stratului de zăpadă (cm)		S1: Numărul de zile din an care indeplinesc condiția „echivalentul în apă > 120kg/m <sup>2</sup> ” în perioada: 1 August-31Iulie. Calculul se face pentru fiecare regiune NUT3 din România S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
10	Nr. de ore în care se poate produce zăpadă artificială (temperatura termometrului umed < -2°C) snn_wbtemp-2 (nr. de ore)	Temperatura virtuală (calculata din temperatura și umezeala relativă) (°C)		S1: se utilizeaza temperatura termometrului umed TWBT (calculată din temperatură și umezeala relativă, la fiecare 6 ore, interpolată liniar la rezoluția orară); se calculează numărul de ore, de la 1 noiembrie anul N până la 31 decembrie anul N, pentru care TWBT ≤ -2°C. Calculul se face pentru fiecare regiune NUT3 din Romania; S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală. trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.
<b>Urbanism și sisteme urbane</b>				

1	Viteza maximă anuală a vântului V10max (m/s) Vgmax (m/s)	Viteza maximă anuală a vântului (m/s)	ECE+RCA4; ECE+CCLM-8-17; ECE+RACMO22E; ECE+HIRHAM5; MPI+RCA4; MPI+CCLM-8-17; CNRM+RCA4; CNRM+CCLM-8-17 CNRM+RACMO22 NCC+REMO2015; NNCC+HIRHAM; NCC+RCA4; IPSL+RCA4; MOHC+HIRHAM; MOHC+RACMO22; MOHC+RCA4 bd=CORDEX, 11km	S1: V10max se calculează maximul anual al vântului (intensitate) în fiecare punct de grilă, din date cu frecvența de 6 ore (00, 06, 12, 18 UTC). A fost calculat un al doilea parametru: vântul maxim anual la rafală: Vgmax: acesta este maximul anual al vântului la rafală în fiecare punct de grila; se prelucreaza medii multianuale V10max și Vgmax pentru perioadele analizate S2: se extrage (post-procesează) informația climatică relevantă a indicelui calculat IS (e.g. media multi-anuală, trend, diferențe față de perioada actuală P0 etc.) pentru perioadele: Pi (i=1-6); se regionalizează rezultatele pentru unități teritoriale NUT; S3: se calculează parametrii ansamblului (IS calculați din ansamblul multi-model), per scenariu și perioada Pi (media ansamblului, ecart, minima/maxima etc.) pentru estimarea incertitudinii asociate.	script Shell, ncl/libs
---	---	---------------------------------------	--	---	---------------------------