

### **Anexa 3 - Rapoarte privind datele hidrometeorologice**

## Introducere

BM a solicitat date hidrometeorologice și rapoartele aferente din partea INHGA și respectiv a Administrației Naționale de Meteorologie (ANM) necesare pentru modelarea hazardului, precum și pentru elaborarea HHRI. La final, echipa BM a solicitat ca INHGA să transmită hidrografele sintetice pentru mai multe PAD-uri și schimbări climatice, precum și ca ANM să transmită înregistrări istorice ale evenimentelor de inundații la stațiile hidrometrice pentru calibrarea modelelor și curbele de Intensitate-Durată-Frecvență (IDF) a precipitațiilor în diferite locații din țară.

INHGA a transmis hidrografele sintetice aferente unui număr de peste 2000 de noduri pentru 5 PAD-uri și schimbări climatice și pentru peste 1000 de evenimente de inundații au fost colectate date de la un număr de peste 250 de stații. Acest demers a durat mai mult de un an, din iulie 2020 până în prezent. În ciuda sprijinului suplimentar și a monitorizării atente din partea BM, un procent de 5% din volumul de date și raportul preconizat nu au fost generate și livrate. Restul de date, care reprezintă mai puțin de 5%, trebuie livrate până la finalul anului. Altminteri, va fi afectat programul de elaborare a HHRI.

Au fost solicitate din partea ANM curbele IDF pentru două perioade și acestea au fost furnizate în două rânduri, și anume februarie și respectiv martie 2021. ANM a transmis datele și două rapoarte, în cadrul cărora sunt explicate datele de intrare și metoda utilizată pentru calcularea curbelor IDF. Această anexă prezintă două rapoarte în care sunt explicate datele de intrare și respectiv metoda utilizată. Rapoartele au fost elaborate de către Traian Breza (Cercetător Senior în cadrul Secției Climă, Administrația Națională de Meteorologie), Mădălina Moise (Cercetător Senior în cadrul Secției Climă, Administrația Națională de Meteorologie), Dr. Alexandru Dumitrescu (Coordonatorul Secției Climă, Administrația Națională de Meteorologie) și Dr. Roxana Bojariu (Cercetător Senior în cadrul Secției Climă, Administrația Națională de Meteorologie).

## Raport furnizat de către ANM privind calcularea curbelor IDF pentru 14 stații meteorologie, februarie 2021

### Date și metadate

Am analizat cantitățile de precipitații înregistrate la 14 stații meteorologice, care sunt prezentate împreună cu metadatele aferente în tabelul 1. Datele analizate provin din surse multiple și respectă mai multe proceduri de procesare cu scopul de a putea fi utilizate ca bază de calcul pentru curbele IDF.

Din măsurătorile clasice, s-au folosit datele zilnice digitizate din tabelele tipărite (ce conțin datele extrase din pluviograme) pentru a calcula cantitățile și intensitățile anuale maxime ale precipitațiilor pentru o durată cuprinsă între 5 și 1440 de minute. Cantitățile zilnice de precipitații obținute în baza datelor digitizate au fost comparate cu cantitățile măsurate timp de 24 de ore măsurate de asemenea cu pluviometrele.

Observațiile obținute în urma măsurătorilor de la stațiile automate (măsurători efectuate per minut, la 5 sau 10 minute – în funcție de configurarea pasului de timp al dispozitivului de măsurare a precipitațiilor) au fost utilizate ca bază pentru un scenariu R (<http://www.r-project.org/>) în vederea obținerii cantităților

și a intensităților anuale maxime pentru precipitațiile cu durate cuprinse între 5 și 1440 de minute. După procesarea statistică, am obținut serii temporale aferente valorilor maxime pentru intervale de timp cuprinse între 5 și 1440 de minute. În toate cazurile, nu există nicio perioadă comună de observație pentru stația clasică, respectiv cea automată. Datele privind precipitațiile au fost verificate din perspectiva calității acestora.

Tabelul 1. Metadata pentru 14 stații meteorologice utilizate la calcularea curbelor IDF.

Nr.	Stația meteorologică	Altitudine (m)	Latitudine	Longitudine	Data începerii funcționării stației meteorologice automate	Ani cu observații lipsă	Tipul actual de pluviometru și perioada comună de observație cu pluviometru clasic	Perioada de observație
1	Caracal	106	44°06'00"	24°21'26"	01.03.2005	2007, 2008, 2009	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) din 2005;	1965-2020
2	Caransebeș	241	45°25'00"	22°13'45"	23.03.2005	2005, 2006, 2007, 2008, 2009	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) (în perioada 23.05.2005, - 05.09.2019); Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 05.09.2019;	1964-2020
3	Cernavodă	87.17	44°20'44"	28°02'37"	28.04.2015	2011, 2012, 2013, 2014, 2017	Pluviometru TRWS 200E (LOGOTRONIC) din 28.04.2015;	1986-2020
4	Cluj	410	46°46'40"	23°34'17"	10.07.2000	2001, 2009	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) în perioada 10.07.2000 - 26.08.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 26.08.2019;	1961-2020
5	Constanța	12.80	44°12'50"	28°38'44"	28.08.2005	2008, 2009, 2010	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) în perioada 28.08.2005 - 12.08.2019; Pluviometru	1948-2020

							TRWS214 (VAISALA) din 12.08.2019;	
6	Petroșani	607	45°24'23"	23°22'36"	01.01.2016	2016	Pluviometru OTT- PLUVIO2 (VAISALA) din 01.01.2016;	1964-2020
7	Pitești	316	44°50'56"	24°51'58"	10.11.2001	1954, 1963, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) din 10.11.2001; Pluviometru TRWS214 din 04.07.2019;	1949-2020
8	Ploiești	177	44°57' 21"	25°59' 15"	26.08.2002	2009, 2015, 2016	Pluviometru cu cântărire VRG 101/102 (VAISALA) în perioada 26.08.2002 - 02.07.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 02.07.2019;	1957-2020
9	Reșița	279	45°18' 52"	21°53' 13"	16.05.2002	2008, 2009	Pluviometru cu cântărire VRG 101/102 (VAISALA) în perioada 16.05.2002 - 04.09.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 04.09.2019;	1979-2020
10	Roman	216	46°58' 09"	26°54' 43"	28.05.2004	2008, 2009	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) în perioada 28.05.2004 - 01.10.2019; Pluviometru cu cântărire VRG (VAISALA) din 01.10.2019;	1962-2020
11	Suceava	352	47°37' 58"	26°14' 26"	16.07.2009	1962	Pluviometru cu cântărire VRG 101/102 (VAISALA) în perioada 16.07.2009 - 07.08.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 07.08.2019;	1958-2020
12	Timișoara	86	45°46' 16"	21°15' 29"	01.08.2000	1961, 1962,	Pluviometru cu cântărire VRG 101 (VAISALA) în perioada 01.08.2000 -	1957-2020

						2008, 2009	02.09.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 02.09.2019;	
13	Tulcea	4.36	45°11' 26"	28°49' 27"	10.09.2002	2009	Pluviometru cu basculare QMR 102 (VAISALA) în perioada 10.09.2002 - 13.08.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 13.08.2019;	1966-2020
14	Zalău	295	47°11' 42"	23°02' 48"	18.04.2002	2009	Pluviometru cu basculare QMR 102 (VAISALA) în perioada 18.04.2002 - 27.08.2019; Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 27.08.2019;	1972-2020

### Metodologia privind calcularea curbelor IDF

Curbele IDF descriu relația dintre intensitate, durata și perioada de revenire a precipitațiilor (sau opusului acesteia, probabilitatea de depășire). Curbele IDF sunt obținute prin intermediul analizei observațiilor legate de precipitații. În urma măsurărilor cu privire la precipitații, pentru fiecare an în parte, am determinat cantitatea anuală maximă de precipitații în anumite intervale de timp. Am utilizat următoarele durate: 5-min, 10-min, 15-min, 30-min, 1-hr, 2-hr, 6-hr, 12-hr și respectiv 24-hr. Calcularea curbelor IDF necesită efectuarea analizei pentru fiecare set de valori maxime anuale, una dintre acestea fiind asociată fiecărei durate a precipitațiilor. Obiectivul principal al fiecărei analize este acela de a determina funcția de distribuție a probabilității de depășire aferentă intensității precipitațiilor pentru fiecare durată în parte. În acest context, am utilizat o Valoare Extremă (EV) teoretică pentru distribuția de tip I – de tip Gumbel. Parametrii au fost stabiliți prin metoda momentelor. Distribuția Gumbel pentru maxime cu funcția de frecvență - densitate de probabilitate/repartiție (PDF) și respectiv funcția de distribuție cumulativă (CDF) este prezentată în secțiunile (1) și respectiv (2).

$$f(x) = (1/\sigma) \exp(-z \cdot \exp(-z)) \quad (1)$$

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (2)$$

unde  $z = (x - \mu)/\sigma$ , și  $\mu$ , și  $\sigma$  sunt parametrii locația și scara, iar  $f(x) = dF(x)/dx$ .

Parametrii de distribuție pot fi exprimați prin media  $x_{med}$  și deviația standard  $\sigma_1$  a eșantionului folosit:

$$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$$

unde  $\gamma \approx 0,5772$  este constanta Euler-Mascheroni, și  $\sigma = (\sqrt{6}/\pi) \sigma_1$ .

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1 \quad (3)$$

Funcția cuantilă  $x(p)$ , asociată unei distribuții de probabilitate a unei variabile aleatorii, specifică valoarea la care probabilitatea variabilei aleatorii este mai mică sau egală cu probabilitatea dată.

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (4)$$

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/p)]\} \sigma_1 \quad (5)$$

Valoarea de referință (caracteristică) ce va fi depășită într-un an cu probabilitatea  $p$  este egală cu

$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/1-p)]\} \sigma_1 \quad (6)$$

Ecuația (6) se aplică fiecărui set de valori maxime anuale ale precipitațiilor corespunzătoare fiecărei durate.

Calculăm curbele IDF în baza măsurătorilor privind precipitațiile la cele 14 stații meteorologice prezentate în tabelul 1 pentru perioade de revenire de 2, 5, 10, 20, 50, 100 și respectiv 1000 de ani. Cu toate acestea, rezultatele IDF pentru o perioadă de revenire de 1000 de ani reprezintă un simplu exercițiu matematic, ținând cont de eșantioanele de date limitate pe care le-am avut la dispoziție, provenite de la stațiile meteorologice. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că seriile temporale analizate nu sunt staționare: experimentele numerice cu modele climatice sugerează faptul că intensitatea precipitațiilor crește pe fondul schimbărilor climatice.

## Raport furnizat de către ANM privind calcularea curbelor IDF pentru 8 stații meteorologice, martie 2021

### Date și metadate

Am analizat cantitățile de precipitații înregistrate la 6 stații meteorologice, care sunt prezentate împreună cu metadatele aferente în tabelul 1. Cele 8 stații meteorologice sunt reprezentative pentru 11 bazine hidrologice de mici dimensiuni. Datele analizate provin din surse multiple și respectă mai multe proceduri de procesare cu scopul de a putea fi utilizate ca bază de calcul pentru curbele curbelor IDF.

Din măsurătorile clasice, am folosit datele zilnice digitizate din tabelele tipărite (ce conțin datele extrase din pluviograme) pentru a calcula cantitățile și intensitățile anuale maxime ale precipitațiilor pentru o durată cuprinsă între 5 și 1440 de minute. Cantitățile zilnice de precipitații obținute în baza datelor digitizate au fost comparate cu cele valabile timp de 24 de ore măsurate de asemenea cu pluviogramele.

Observațiile obținute în urma măsurătorilor de la stațiile automate (măsurători efectuate per minut, la 5 sau 10 minute – în funcție de configurarea pasului de timp al dispozitivului de măsurare a precipitațiilor) au fost utilizate ca bază pentru un scenariu R (<http://www.r-project.org/>) cu scopul obținerii cantităților

și a intensităților anuale maxime ale precipitațiilor pentru durate cuprinse între 5 și 1440 de minute. După procesarea statistică, am obținut serii temporale aferente valorilor maxime pentru intervale de timp cuprinse între 5 și 1440 de minute. În toate cazurile, nu există nicio perioadă comună de observații pentru stația clasică, respectiv cea automată. Datele privind precipitațiile au fost verificate din perspectiva calității acestora.

Tabelul 2. Metadate pentru stațiile meteorologice utilizate la calcularea curbelor IDF.

Nr.	Stația meteorologică (BAZIN HIDROGRAFIC)	Altitudine (m)	Latitudine	Longitudine	Data începerii funcționării stației meteorologice automate	Ani cu observații lipsă	Tipul actual de pluviometru și perioada comună de observație cu pluviometrul clasic	Perioada de observație
1	Alba Iulia (BH VALEA VINȚULUI)	246	46°03'50"	23°33'48"	01.01.2016	2010-2015	Pluviometru cu basculare OTT-PLUVIO2 (VAISALA) din 01.01.2016;	1979-2020
2	Caransebeș (BH BUCOȘNIȚA)	241	45°25'00"	22°13'45"	23.03.2005	2005, 2006, 2007, 2008, 2009	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) (în perioada 23.05.2005, - 05.09.2019); Pluviometru TRWS214 (VAISALA) din 05.09.2019;	1964-2020
3	Întorsura Buzăului (BH DĂLGHIU)	707	45°40'06"	26°03'24"	28.05.2010	1968	Pluviometru cu basculare QMR 101/102 (VAISALA) din 28.05.2010.	1967-2020
4	Pătărlagele (BH SLANICEL)	289	45°19'29"	26°22'10"	01.01.2016	-	Pluviometru cu basculare OTT-PLUVIO2 (VAISALA) din 01.01.2016;	1966-2020
5	Petroșani (BH BRAIA, BH MALEIA)	607	45°24'23"	23°22'36"	01.01.2016	2016	Pluviometru OTT-PLUVIO2 (VAISALA) din 01.01.2016;	1964-2020
6	Steii (BH NIMĂIEȘTI)	278	46°31'41"	22°27'59"	01.06.2002	1967, 2006-2009	Pluviometru cu basculare QMR 102 (VAISALA) din 01.06.2002	1954-2020
7	Țebea (BH HĂLMĂGEL)	273	46°10'10"	22°43'34"	14.01.2011	1971, 2008-2020	Pluviometru cu basculare QMR 102 (VAISALA) din 14.01.2011.	1966-2020

8	Vărădia de Mureș  (BH PETRIȘ,  BH VALEA ROȘIE)	156	46° 01' 09"	22°09' 03"	01.06.2010	2004-2010,  2013-2020	Pluviometru cu basculare QMR 102 din (VAISALA) 01.06.2010.	1967-2020
---	--	-----	-------------	------------	------------	-----------------------------	--	-----------

### Metodologia privind calcularea curbelor IDF

Curbele IDF descriu relația dintre intensitate, durata și perioada de revenire a precipitațiilor (sau opusului acesteia, probabilitatea de depășire). Curbele IDF sunt obținute prin intermediul analizei observațiilor legate de precipitații. În urma măsurărilor privind precipitațiile, pentru fiecare an în parte, am determinat cantitatea anuală maximă de precipitații în anumite intervale de timp. Am utilizat următoarele durate: 5-min, 10-min, 15-min, 30-min, 1-hr, 2-hr, 6-hr, 12-hr și respectiv 24-hr. Calcularea curbelor IDF necesită efectuarea analizei pentru fiecare set de valori maxime anuale, una dintre acestea fiind asociată fiecărei durate a precipitațiilor. Obiectivul principal al fiecărei analize este acela de a determina funcția de distribuție a probabilității de depășire aferentă intensității precipitațiilor pentru fiecare durată în parte. În acest context, am utilizat o Valoare Extremă (EV) teoretică pentru distribuția de tip I – de tip Gumbel. Parametrii au fost stabiliți prin metoda momentelor. Distribuția Gumbel pentru maxime cu funcția de frecvență - densitate de probabilitate/repartiție (PDF) și respectiv funcția de distribuție cumulativă (CDF) este prezentată în secțiunile (1) și respectiv (2).

$$f(x) = (1/\sigma) \exp(-z - \exp(-z)) \quad (1)$$

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (2)$$

unde  $z = (x - \mu)/\sigma$ , și  $\mu$ , și  $\sigma$  sunt parametrii locația și scara, iar  $f(x) = dF(x)/dx$ .

Parametrii de distribuție pot fi exprimați prin media  $x_{med}$  și deviația standard  $\sigma_1$  a eșantionului folosit:

$$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$$

unde  $\gamma \approx 0,5772$  este constanta Euler-Mascheroni, și  $\sigma = (\sqrt{6}/\pi) \sigma_1$ .

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1 \quad (3)$$

Funcția cuantilă  $x(p)$ , asociată unei distribuții de probabilitate a unei variabile aleatorii, specifică valoarea la care probabilitatea variabilei aleatorii este mai mică sau egală cu probabilitatea dată.

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (4)$$

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \cdot \ln[\ln(1/p)]\} \sigma_1 \quad (5)$$

Valoarea de referință (caracteristică) ce va fi depășită într-un an cu probabilitatea  $p$  este egală cu



$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/1-p)]\} \sigma_1 \quad (6)$$

Ecuația (6) se aplică fiecărui set de valori maxime anuale ale precipitațiilor corespunzătoare fiecărei durate.

Calculăm curbele IDF în baza măsurătorilor privind precipitațiile la cele 14 stații meteorologice prezentate în tabelul 1 pentru perioade de revenire de 3, 5, 10, 50, 100, 200 și 1000 de ani. Cu toate acestea, rezultatele IDF pentru perioade de revenire de 200 și 1000 de ani reprezintă un simplu exercițiu matematic, ținând cont de eșantioanele de date limitate pe care le-am avut la dispoziție de la stațiile meteorologice. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că seriile temporale analizate nu sunt staționare: experimentele numerice cu modele climatice sugerează faptul că intensitatea precipitații crește pe fondul schimbărilor climatice.