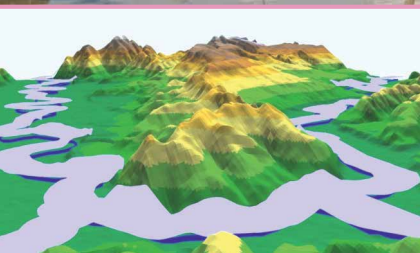




MINISTRY OF ENVIRONMENT



Romania-Ukraine-Republic of Moldova
CROSS BORDER COOPERATION



Common Methodology for Flood Hazard and Risk Mapping in the Prut and Siret Upper Rivers Basins

- Guideline -

Metodologie comună de realizare a hărților de hazard și de risc la inundații pentru bazinele superioare ale râurilor Prut și Siret

- Ghid -

Ref: The trilateral project *“The prevention and protection against floods in the upper Siret and Prut River Basins, through the implementation of a modern monitoring system with automatic stations EAST AVERT”*,

cod 966, funded by the **Joint Operational Programme Romania - Ukraine - Republic of Moldova**,
European Neighbourhood and Partnership Instrument (ENPI)

Common borders. Common solutions

The content of the present publication was realized within the Project EAST AVERT MIS ETC 966 implementation by the technical project partners experts under the coordination of Mr. Viorel Chendes.

Conținutul prezentei publicații a fost realizat în cadrul implementării Proiectului EAST AVERT MIS ETC 966 de către experții tehnici ai partenerilor de proiect sub coordonarea dlui Dr. Viorel Chendes.

CONTENT

1. Aim of the guide
2. Floods Directive general requirements
3. Analysis of the historical floods in Siret and Prut River Basins
4. Flood hazard and risk maps (FHRM)
 - 4.1. Approaches of flood risk
 - 4.2. Main products for FHRM reporting
 - 4.3. FHRM dissemination
5. Methodology for hazard computation
 - 5.1. Hydraulic tools based on mono-frequency assessment
 - 5.2. Main data for hazard computation
6. Methodology for flood risk computation
 - 6.1. Establishing water depth classes
 - 6.2. Risk computing
 - 6.3. Calculation of affected inhabitants
 - 6.4. Other receptors exposed to flood risk
7. FHRM contents and visualization

CONȚINUT

1. Scopul ghidului
2. Cerințe generale ale Directivei Inundații
3. Analiza inundațiilor istorice în Bazinele râurilor Siret și Prut
4. Hărți de hazard și risc la inundații (HHRI)
 - 4.1. Abordări ale riscului la inundații
 - 4.2. Produse principale pentru raportarea HHRI
 - 4.3. Diseminarea HHRI
5. Metodologia pentru calculul hazardului
 - 5.1. Instrumente hidraulice bazate pe evaluarea de tip monofrecvență
 - 5.2. Principalele date utilizate pentru calculul hazardului
6. Metodologia pentru calculul riscului la inundații
 - 6.1. Stabilirea claselor de adâncime a apei
 - 6.2. Calculul riscului
 - 6.3. Calcularea numărului de locuitori afectați
 - 6.4. Alți receptori expuși riscului la inundații
7. CONȚINUTUL ȘI VIZUALIZAREA HĂRȚILOR DE HAZARD ȘI DE RISC LA INUNDAȚII

1. AIM OF THE GUIDE

The assessment of flood potential in terms of magnitude and effects is described by hazard and risk. Unlike hazard which only indicate the occurrence possibility of a dangerous hydrological phenomenon (flood limits, water depth, etc.), flood risk indicates potential assets and human damages in the floodplains, as well as the degree to which they may be affected.

The purpose of flood hazard and risk maps is the geographical identification and illustration of areas at different level of risk from flood hazard. The two types of maps are useful tools for national and local authorities in order to establish feature common measures for protection of the border areas in the upper Siret and Prut River Basins against the flood risk and reducing the environmental, economic and social vulnerability of targeted localities from the border region. The flood risk mapping highlights areas where significant damage to houses, socio-economic objectives, roads, agricultural land, etc. can be recorded, and can be used to develop regional and local flood risk mitigation plans and cost-benefit analyses for future hydraulic works. Also hazard maps can serve to carry out synthetic assessments in case of hydrological warnings.

Siret and Prut are two of the Romanian transborder river basins, part of the drainage area being located in Ukraine and Republic of Moldova. As shown in Flood Directive, effective flood prevention and mitigation requires cooperation between the third countries. This is in line with international principles of flood risk management, which can be achieved only if the parties located in a transnational river basin cooperate.

The Guide presents the methodological approach regarding

1. SCOPUL GHIDULUI

Evaluarea potențialului de inundații în termeni de magnitudine și efecte este descrisă de hazard și risc. Spre deosebire de hazard care indică doar posibilitatea apariției unui fenomen hidrologic periculos (extinderea zonelor inundabile, adâncimea apei etc.), riscul la inundații indică potențialele bunuri și daune umane în zonele inundabile, precum și gradul în care acestea pot fi afectate.

Scopul hărților de hazard și risc la inundații este identificarea și ilustrarea geografică a zonelor cu niveluri diferite de risc induse de hazardul inundațiilor. Cele două tipuri de hărți sunt instrumente utile pentru autoritățile naționale și locale în vederea stabilirii de măsuri comune pentru protejarea împotriva riscului la inundații a zonelor de frontieră din bazinele superioare ale râurilor Siret și Prut împotriva riscului de inundații și reducerea vulnerabilității ecologice, economice și sociale a localităților vizate din această regiune. Cartografierea riscului la inundații evidențiază zonele în care pot fi înregistrate daune importante asupra locuințelor, obiectivelor socio-economice, drumurilor, terenurilor agricole etc. și poate fi utilizată pentru elaborarea planurilor regionale și locale de atenuare a riscului la inundații și a analizelor cost-beneficiu pentru viitoarele lucrări hidrotehnice. De asemenea, hărțile de hazard pot servi la efectuarea evaluărilor sintetice în cazul avertizărilor hidrologice.

Siret și Prut sunt două dintre bazinele hidrografice transfrontaliere românești, o parte din arealul drenat fiind situat în Ucraina și Republica Moldova. După cum se arată în Directiva Inundații, o prevenire eficientă a inundațiilor și o atenuare a efectelor acestora necesită o cooperare între cele trei țări. Acest lucru este în conformitate cu principiile internaționale de gestionare a riscurilor la inundații, care pot fi realizate numai dacă părțile situate într-un bazin hidrografic transnațional cooperează.

Ghidul prezintă abordarea metodologică

the flood hazard and risk used in the framework of EAST AVERT project, that is in line with methods used by Romania under the Flood Directive. Applying unitary methods in order to carry-out the flood mapping by partners from Ukraine and Republic of Moldova is one of the ways for current project implementation.

This document briefly describes the achievement of the mapping step, known as Flood Hazard and Risk Mapping (FHRM). Hazard and risk maps can be used to get the knowledge on the areas exposed to floods (basically by detailing the flood extent) and associated risks, in order to be made available to national and local decision makers (government institutions, city halls etc.) for Flood Risk Management Plans (FRMP) development, population awareness and public information regarding risks in the living or other interest areas, and for other general purposes.

privind hazardul și riscul la inundații utilizată în cadrul proiectului EAST AVERT, care este în concordanță cu metodele utilizate de România în cadrul Directivei Inundații. Aplicarea metodelor unitare pentru realizarea cartografierii inundațiilor de către partenerii din Ucraina și Republica Moldova este una din modalitățile de implementare a acestui proiect.

Prezentul document descrie pe scurt realizarea etapei de cartografiere, cunoscută sub numele de Realizarea hărților de hazard și Risc la inundații (HHRI). Hărțile de hazard și risc la inundații pot fi utilizate pentru a obține cunoștințe despre zonele expuse inundațiilor (în special prin detalierea întinderii inundațiilor) și riscurile asociate, pentru a fi puse la dispoziția decidenților naționali și locali (instituții guvernamentale, primării etc.) pentru elaborarea planurilor de management a riscului la inundații (PMRI), conștientizarea populației și informarea publicului cu privire la riscurile din zonele de locuit sau de alt interes și în alte scopuri generale.

2. FLOODS DIRECTIVE GENERAL REQUIREMENTS

The European Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks, endorsed in 18 September 2007, aims to reduce the adverse consequences on human health, the environment, cultural heritage and economic activity associated with floods in the Community. The Floods Directive sets out the requirement for the Member States to develop three kinds of products (Fig. 1):

- a preliminary flood risk assessment: the aim of this step is to evaluate the level of flood risk in each river basin district or unit of management and to select those areas on which to undertake flood mapping and flood risk management plans;

2. CERINȚE GENERALE ALE DIRECTIVEI INUNDAȚII

Directiva europeană 2007/60/CE privind evaluarea și gestionarea riscurilor la inundații, aprobată la 18 septembrie 2007, vizează reducerea consecințelor negative asupra sănătății umane, a mediului, a patrimoniului cultural și a activității economice asociate inundațiilor în Comunitate. Directiva Inundații prevede obligația Statelor Membre de a elabora trei tipuri de produse (Fig. 1):

- o evaluare preliminară a riscului la inundații: scopul acestei etape este evaluarea nivelului riscului la inundații în fiecare administrație bazinală de apă și selectarea zonelor pentru care se efectuează cartografierea inundațiilor și planurile de management a riscului la inundații;
- cartografierea inundațiilor cuprinzând

- flood mapping comprising of hazard maps and risk maps: the flood hazard maps should cover the geographical areas which could be flooded according to different scenarios; the flood risk maps shall show the potential adverse consequences associated with floods under those scenarios;

hărți de hazard și risc la inundații: hărțile de hazard la inundații ar trebui să acopere zonele geografice care ar putea fi inundate în funcție de scenariile diferite; hărțile de risc la inundații prezintă eventualele consecințe negative asociate inundațiilor în aceste situații;

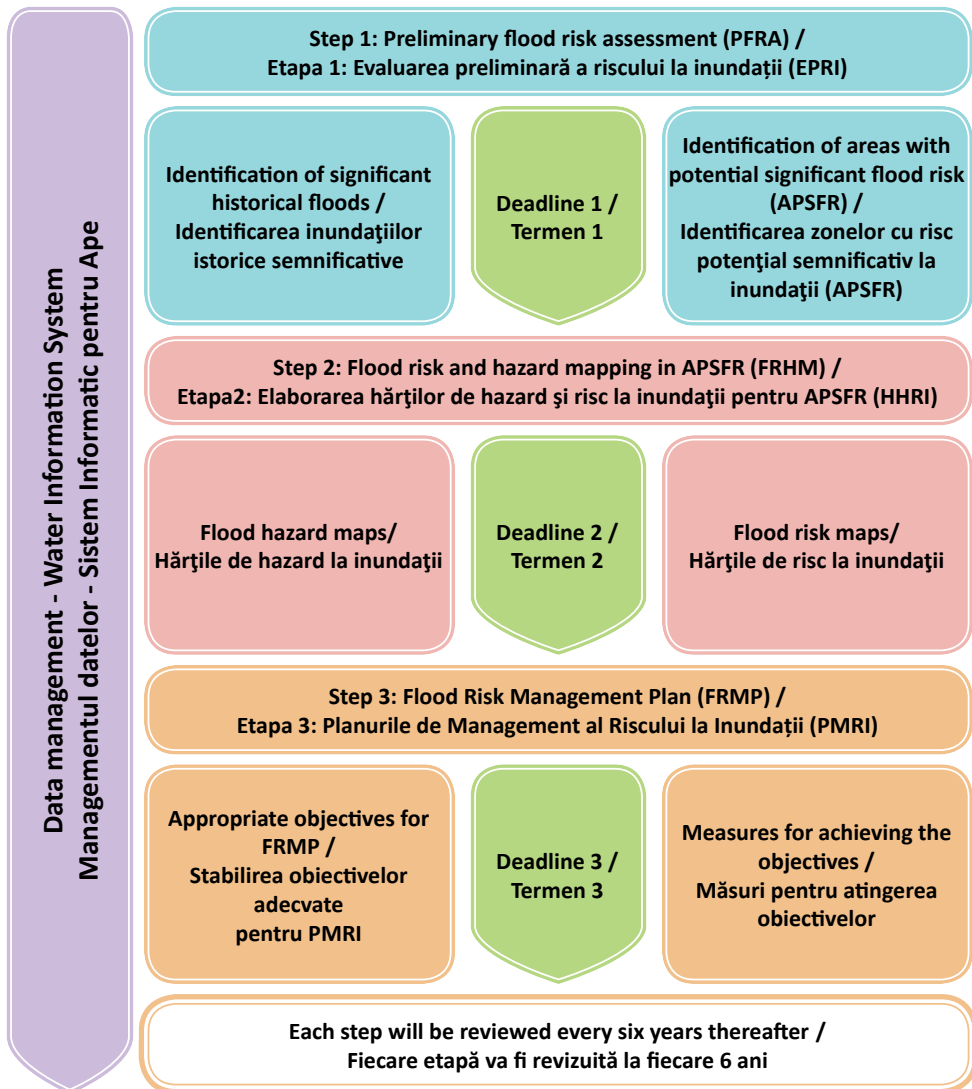


Fig. 1: Steps for the Flood risk management planning process / Etapele procesului de planificare a managementului riscului la inundații

- flood risk management plans: on the basis of the previous maps, these plans shall indicate the objectives of the flood risk management in the concerned areas, and the measures that aim to achieve these objectives.
- This directive asks the Member states to implement flood mapping according to some minimum recommendations. These are outlined in Article 6 of the directive:
- 6.3. Flood hazard maps shall cover the geographical areas which could be flooded according to the following scenarios:
- (a) floods with a low probability, or extreme event scenarios;
 - (b) floods with a medium probability (likely return period ≥ 100 years);
 - (c) floods with a high probability, where appropriate.
- 6.4. For each scenario referred to in paragraph 3 the following elements shall be shown:
- (a) the flood extent;
 - (b) water depths or water level, as appropriate;
 - (c) where appropriate, the flow velocity or the relevant water flow.
- 6.5. Flood risk maps shall show the potential adverse consequences associated with flood scenarios and expressed in terms of the following:
- (a) the indicative number of inhabitants potentially affected;
 - (b) type of economic activity of the area potentially affected;
 - (c) installations [...] which might cause accidental pollution in case of flooding and potentially affected protected areas [...].
 - (d) other information which the Member State considers useful such as the indication of areas where floods with a high content of transported sediments and debris floods can occur and information
- planurile de management a riscului la inundații: acestea indică, pe baza hărților anterioare, obiectivele managementului riscului la inundații în zonele de interes și măsurile care vizează atingerea acestor obiective
- Această directivă solicită Statelor membre să implementeze cartografierea inundațiilor în conformitate cu unele recomandări minime. Acestea sunt prezentate în Articolul 6 din Directivă:
- 6.3. Hărțile de hazard la inundații trebuie să acopere zonele geografice care ar putea fi inundate în conformitate cu următoarele scenarii:
- (a) inundații cu probabilitate redusă sau scenarii de evenimente extreme;
 - (b) inundații cu probabilitate medie (perioadă de revenire ≥ 100 ani);
 - (c) inundații cu probabilitate ridicată, acolo unde este cazul.
- 6.4. Pentru fiecare scenariu menționat la alineatul (3), se prezintă următoarele elemente:
- (a) extinderea inundațiilor;
 - (b) adâncimea apei sau nivelul apei, după caz;
 - (c) unde este cazul, viteza de curgere sau debitele caracteristice ale apei.
- 6.5. Hărțile de risc la inundații trebuie să prezinte posibilele consecințe negative asociate cu scenariile de inundații și exprimate prin următorii indicatori:
- (a) numărul orientativ al locuitorilor potențial afectați;
 - (b) tipul de activități economice din zona potențial afectată;
 - (c) instalațiile [...] care ar putea provoca poluarea accidentală în cazul inundațiilor și zonele protejate potențial afectate [...].
 - (d) alte informații pe care Statul Membru le consideră utile, cum ar fi indicarea zonelor în care pot apărea inundații cu un conținut ridicat de sedimente transportate și curgeri noroioase, precum și informații privind alte surse

on other significant sources of pollution.

These guidelines describe the provisions for the second step (see Fig. 1) the development of flood hazard maps and flood risk maps - and provide instructions on using the information contained in the flood risk maps.

semnificative de poluare.

Acest ghid descrie prevederile pentru a doua etapă (a se vedea Fig. 1), respectiv elaborarea hărților de hazard la inundații și a hărților de risc la inundații - și oferă instrucțiuni privind utilizarea informațiilor conținute în hărțile de risc la inundații.

3. ANALYSIS OF THE HISTORICAL FLOODS IN SIRET AND PRUT RIVER BASINS

Floods are natural phenomena that are part of normal leakage events chain representing the peak moments in the evolution of a river's flow.

However, when they are extreme, they generate flooding, respectively overpasses the banks of the low-flow channel and temporary water covering some areas of the floodplain which normally are not below the water level.

From human perspective, a flood it occurs when there are material damage and loss of life and or when the water level threatens the livelihood of society.

The selection of historical significant floods from Siret and Prut river basins was based on the following main criteria:

- The amplitude of maximum discharge;
- Size of the area on which the flood occurred;
- The amount of information available in the three countries participant in the EAST AVERT project;
- Extent of the damages;
- Accessibility to specialized publications;

The selection of the hydrometric stations for which we obtained the necessary information for the description of selected floods, was mainly made in accordance to the following criteria:

- Hydrometric stations from all three

3. ANALIZA INUNDAȚIILOR ISTORICE ÎN BAZINELE RÂURILOR SIRET ȘI PRUT

Viiturile sunt fenomene naturale ce fac parte din lanțul evenimentelor normale ale scurgerii unui râu, reprezentând momentele de vârf în evoluția acestuia.

Totuși, acestea generează, atunci când au caracter extrem, inundații, respectiv depășiri ale malurilor albiei minore și acoperirea temporară cu apă a unor areale din albia majoră care în mod normal nu sunt situate sub nivelul apei.

Din punct de vedere al perspectivei umane, are loc o inundație atunci când se produc pagube materiale și pierderi de vieți omenești, sau când nivelul apei pune în pericol mijloacele de existență ale societății.

Selecția inundațiilor istorice semnificative din bazinele hidrografice Siret și Prut s-a bazat pe următoarele criterii principale:

- Amplitudinea deversării maxime;
- Dimensiunea zonei în care a avut loc inundația;
- Cantitatea de informații disponibile în cele trei țări participante la proiectul EAST AVERT;
- Gravitatea pagubelor;
- Accesibilitatea la publicațiile de specialitate;

Selectarea stațiilor hidrometrice pentru care s-au obținut informațiile necesare pentru descrierea inundațiilor selectate a fost efectuată în principal în conformitate cu următoarele criterii:

- countries on the rivers Prut and Siret;
- Hydrometric stations from the confluences with the main tributaries of the Siret and Prut rivers;
- Hydrometric stations in small river basins of the three countries, that allow the comparative analysis of the evolution of floods.

In Siret and Prut hydrographic basins, in the last years, there have been three major floods that can be considered "historical", in the years 2005, 2008 and 2010. The floods in 2005 mainly affected the lower basin of the Siret river (downstream of Movileni accumulation), being less relevant for transboundary area. Instead, the floods in 2008 and 2010 have many common features in terms of the evolution of the extreme events on the Siret and Prut watercourses.

Flood formation was favored by high rainfall due to temperate cyclone that affected north-east Romania, Republic of Moldova and Ukraine. Daily rainfall (or even hourly) data are essential for the hydrological modeling of the extreme phenomena. Torrential rains, whose values exceed in most cases 100 mm in 24 hours, even over several days (Tab. 1), have produced catastrophic floods.

The rainfall distribution during the two floods periods highlight the location of maximum values (over 300 mm in 2008 and over 250 mm in 2010). They are focused on an area located in the northern part of Romania and Ukraine (Fig. 2 and Fig. 3).

- Stațiile hidrometrice din toate cele trei țări de pe râurile Prut și Siret;
- Stațiile hidrometrice de la confluențele cu principalii afluenți ai Siretului și Prutului;
- Stațiile hidrometrice din bazinele hidrografice mici ale celor trei țări, care permit analiza comparativă a evoluției inundațiilor.

În bazinele hidrografice Siret și Prut în ultimii ani au avut loc 3 mari viituri care pot fi considerate „istorice” în anii 2005, 2008 și 2010. Inundațiile din anul 2005 au afectat în special bazinul inferior al Siretului (aval de acumularea Movileni), fiind mai puțin relevante pentru arealul transfrontalier. În schimb, viiturile din 2008 și 2010 au numeroase trăsături comune din punct de vedere al evoluției fenomenelor extreme pe cursurile de apă Siret și Prut.

Formarea viiturilor a fost favorizată de precipitații bogate datorate cicloului temperat care a afectat nord-estul României, R. Moldova și Ucraina. Datele privind precipitațiile zilnice (sau chiar orare) sunt esențiale pentru modelarea hidrologică a fenomenelor extreme. Ploile torențiale ale căror valori depășesc de multe ori 100 mm în 24 de ore, chiar pe parcursul a mai multor zile (Tab. 1), au dus la formarea unor viituri catastrofale.

Distribuția precipitațiilor înregistrate în perioadele celor două viituri scoate în evidență localizarea valorilor maxime (peste 300 mm în anul 2008 și peste 250 mm în 2010). Acestea se concentrează pe un areal situat în partea nordică a României și Ucraina (Fig. 2 și Fig. 3).

Râul / River	Stația Hidrometrică / Gauging station	Precipitații zilnice căzute în intervalul 22-28. VII. 2008 / Daily precipitations recorded between 22-28. VII. 2008							Total 22-28 VII
		22	23	24	25	26	27	28	
Suceava	Brodina	3.2	23.8	52.7	102.3	107.7	10.2		299.9
Putna	Putna	3.1	27.9	107.3	39.6	25	18.4		221.3
Pozen	Horodnic	4.1	15.2	73.2	143	81.7	37.2		354.4
Prut	Oroftiana	2.8	5.5	28.9	5.7	69.6	2.1	2.5	117.1
Bahlui	Iași	4.5	2.7	31.2	70	0.3	13	3.3	125
Jijia	Chiperești	14.7	3.7	29.3	58.8		13.6	1.6	121.7

Tab. 1: The largest amount of daily rainfall fell in the range 22-28.VII. 2008 in the Siret and Prut river basins / Cele mai mari cantități de precipitații zilnice căzute în intervalul 22-28.VII. 2008 în bazinele hidrografice Siret și Prut

For the flood characteristics there are used mainly the following sources of information:

- Publications (books, magazines, papers or proceedings etc.).
- Studies substantiating the information systems and warning of dangerous hydro-meteorological phenomena;
- Digital database existing in the 3 countries;
- Annual studies at gauging stations on rivers;
- Survey of maximum flow at gauging stations and confluences;
- Models of the greatest floods;
- Technical reports drafted after the occurrence of significant floods;
- Studies of hydrological parameters.

For historical flood descriptions, the following information is particularly required:

- Dates of occurrence;
- Flood characteristics as requested by the EU Floods Directive Framework;
- Presentation of the area where floods occurred;
- Value of the maximum flows and the empirical probability of exceeding;
- Rising time;
- Flood hydrograph at the gauging stations;
- From case to case, depending on the available data, the amplitude of precipitations that generated floods is mentioned;
- Brief description of the floods.

At a later stage, the description of floods will be supplemented with:

- Additional information with reference to the evolution in time of floods (eg. propagation time between consecutive hydrometric stations);
- Comparative analysis of floods recorded at close gauging stations (especially in areas next to Ukraine - upper basin of the Siret and Prut

Pentru caracteristicile inundațiilor se utilizează în principal următoarele surse de informații:

- Publicații (cărți, reviste, lucrări sau proceduri etc.).
- Studii de fundamentare a sistemelor informatice și de avertizare a fenomenelor hidrometeorologice periculoase;
- Baze de date digitale existentă în cele 3 țări;
- Studii anuale la stațiile de măsurare a debitelor pe râuri;
- Studiul fluxului maxim la stațiile de măsurare a debitelor și confluențe;
- Modelele celor mai mari inundații;
- Rapoarte tehnice întocmite după apariția unor inundații semnificative;
- Studii de parametri hidrologici.

Pentru descrierea inundațiilor istorice, sunt necesare în special următoarele informații:

- Perioadele de apariție;
- Caracteristicile inundațiilor, conform cerințelor din cadrul Directivei Inundații;
- Prezentarea zonei în care s-au produs inundații;
- Valoarea debitelor maxime și probabilitatea empirică a depășirii;
- Timpul de creștere;
- Hidrograful inundației la stațiile de măsurare a debitelor;
- De la caz la caz, în funcție de datele disponibile, se menționează amplitudinea precipitațiilor care au generat inundații;
- Scurtă descriere a inundațiilor.

Într-o etapă ulterioară, descrierea inundațiilor va fi completată cu:

- Informații suplimentare referitoare la evoluția în timp a inundațiilor (de exemplu, timpul de propagare între stațiile hidrometrice consecutive);
- Analiza comparativă a inundațiilor înregistrate la stațiile de măsurare a debitelor apropiate (în special în zonele de lângă Ucraina - bazinul superior al râurilor Siret și Prut);
- Analiza impactului lacului de acumulare

The prevention and protection against floods in the upper Siret and Prut River Basins, through the implementation of a modern monitoring system with automatic stations – EAST AVERT Project

- Rivers);
- Analysis of the impact of Stanca-Costesti reservoir in attenuation of floods;
- Information on the consequences (Tab. 2);
- Representations in GIS.

- Stânca-Costești în atenuarea inundațiilor;
- Informații privind consecințele (Tabelul 2);
- Reprezentări în GIS.

General information regarding historical floods / Informații generale privind inundațiile istorice	River Basin Name / Denumire bazin	Siret	
	Flood Location Name / Denumire locație inundată	r. Siret - am. ac. Răcăciuni	
	Flood Event Name / Nume eveniment	Inundație 2008 iulie r. Siret - am. Ac. Răcăciuni	
	Flood Type / Tip inundație	istorică	
	Date of Commencement / Data debutului evenimentului	2008-07-23	
	Duration of Flood / Durata evenimentului	23	
	Flooded area (km ²) / Suprafața inundată (km ²)	306.057	
	Flooded length of river sector(km) / Lungime sector de râu inundat (km)		
	Frecventa / Frequency	1%	
	Fatalities Number / Număr de victime		
Source of flooding / Sursa viiturii	Fluvial / Fluvială	X	
	Pluvial / Pluvială		
	Groundwater / Din apa freatică (subteran)		
	Sea Water / Marină		
	Artificial Water – Bearing Infrastructure / Bararea artificială - Infrastructura de apărare	X	
	Other / Altele		
	No data available / Nu sunt date disponibile		
Mechanism of flooding / Mecanism de inundare	Natural exceedance / Depășirea capacității de transport a albiei	X	
	Defence exceedance / Depășirea asigurării		
	Defence or Infrastructural failure / Distrugerea infrastructurii de apărare		
	Defence or Infrastructural failure / Blocare - Restricționare		
	Other / Altele		
	No data available / Nu sunt date disponibile		
Characteristics of flooding / Caracteristici ale viiturii	Flash Flood		
	Snow melt flood / Viitura de primăvară datorată topirii zăpezii		
	Other rapid onset flood / Viitura cu alt tip de timp de creștere		
	Medium onset flood / Viitura cu timp de creștere mediu		
	Slow onset flood / Viitura cu timp de creștere mic		
	Debris Flow / Viitura cu transport mare de aluviuni		
	High velocity flow / Viitură cu propagare rapidă	X	
	Deep flood / Viitură cu niveluri remarcabile	X	
	Other characteristics / Alte caracteristici		
Type of Consequences / Consecințe	Human Health / Sănătatea umană	Human Health / Sănătatea umană	
		Community / Comunitatea	X
		Other / Altele	
	Environment / Mediu	Water Body Status / Starea de calitate a apei	X
		Protected Areas / Zone protejate	
		Pollution Sources / Surse de poluare	
		Other / Altele	
	Cultural objectives / Obiective culturale	Cultural Assets / Obiective Culturale	
		Landscape / Peisaje	
		Other / Altele	
	Economic / Economice	Property / Proprietăți	X
		Infrastructure / Infrastructura	X
Rural land use / Utilizarea terenului		X	
Economic Activity / Activități economice		X	
Other / Altele			

Tab. 2: Required information for the brief characterization of significant historical floods / Informații necesare pentru caracterizarea sumară a inundațiilor istorice semnificative

4. FLOOD HAZARD AND RISK MAPS (FHRM)

4.1. APPROACHES OF FLOOD RISK

In scientific language, risk is the effect of a hazard, characterized in terms of probability. So, in order for there to be a risk, there must be a hazard, in our case a dangerous natural phenomenon, possible damages, and also a certain lack of ability to „face” that danger.

There are many methodological approaches of flood risk. In 2007 / 60 / EC Directive, flood risk is defined by the combination of two components, namely the probability (frequency) of the occurrence of floods and the potentially adverse effects on human health, environment, cultural heritage and economic activity associated with them.

One of the first papers that quantify the effects of floods by two distinct elements, namely exposure and vulnerability, is the article by W. Kron (2002), entitled „Flood risk = hazard x exposure x vulnerability”.

According to the „European flood risk mapping” document, developed by the JRC under the 2005 Weather Driven Natural Hazards program, flood risk is defined as the product of three components (Barredo et al., 2005; Lavallo et al., 2005; Atlas of Flood Maps, 2007):

- Hazard: producing a natural event that is threatening, including its probability of occurrence;
- Exposure: the value of material goods and the number of population that is present in the affected area;
- Vulnerability: lack or loss of resistance to destructive forces or damages produced.

Flood hazard is one of the two main components of risk, being defined by the probability of exceeding of peak

4. HĂRȚI DE HAZARD ȘI RISC LA INUNDAȚII (HHRI)

4.1. ABORDĂRI ALE RISCULUI LA INUNDAȚII

Riscul reprezintă, în limbaj științific, efectul unui pericol caracterizat în termeni de probabilitate. Așadar, pentru a exista un risc, trebuie să existe un pericol (hazard), în cazul nostru, un fenomen natural periculos, posibile pagube și, de asemenea, o anumită lipsă a capacității de a „înfrunta” acel pericol.

Există numeroase abordări metodologice privind riscul la inundații. În cadrul Directivei Inundații 2007 / 60 / EC, riscul la inundații este definit *prin combinația a două componente, respectiv probabilitatea (frecvența) apariției unor inundații și efectele potențial adverse pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniu cultural și activitatea economică asociate acestora.*

Una dintre primele lucrări care cuantifică efectele inundațiilor prin două elemente distincte, respectiv expunere și vulnerabilitate, este articolul lui W. Kron (2002), intitulat „Flood risk = hazard x exposure x vulnerability”.

Conform documentului „European flood risk mapping”, elaborat de JRC în cadrul programului Weather Driven Natural Hazards în anul 2005, riscul la inundații este definit ca fiind produsul a 3 componente (Barredo et al., 2005; Lavallo et al., 2005; Atlas of Flood Maps, 2007):

- Hazardul: producerea unui eveniment natural care are un caracter de amenințare, incluzând și probabilitatea de apariție a acestui eveniment;
- Expunerea: valoarea bunurilor materiale și numărul populației care este prezentă în arealul afectat;
- Vulnerabilitatea : lipsa sau pierderea rezistenței la forțele destructive sau pagubele produse.

Hazardul la inundații reprezintă una din cele două componente principale ale riscului, fiind definit prin probabilitatea de depășire a

discharges (return period). Statistically, the period during which a certain discharge is exceeded is even higher as that discharge is higher.

Flood hazard maps include the main features of a flood generated by a flow with a certain probability of exceedance. Knowing that in hazard maps is modelled a future event rather than one which has already occurred, they shall be considered as “scenarios”. In fact, these maps provide more accurate information in areas that have been identified as susceptible to flooding (Fig. 5).

In most documents, including the Floods Directive, it is recommended to use 3 hazard classes and 3 flooded areas, with low, medium and high probability of exceeding.

The link between probability of exceeding P and return period RP can be determined by relation $P(\%) = 100 / RP$ (years). The most used periods in practice are presented in Tab. 3.

debitelor maxime (perioada de revenire). Din punct de vedere statistic, perioada în care un anumit debit este depășit este cu atât mai mare cu cât acel debit este mai mare.

Hărțile de hazard la inundații includ principalele caracteristici ale unei inundații generate de un debit cu o anumită probabilitate de depășire. Știind că în hărțile de hazard este modelat un eveniment viitor, mai degrabă decât unul care a avut deja loc, acestea vor fi considerate „scenarii”. De fapt, aceste hărți oferă informații mai exacte în zone care au fost identificate ca fiind susceptibile la inundații (Fig. 5)

În majoritatea documentelor, inclusiv în Directiva Inundații, este recomandată utilizarea a 3 clase de hazard, respectiv 3 zone inundabile generate de debite cu probabilitate mică, medie și mare de depășire.

Legătura dintre probabilitatea depășirii P și perioada de revenire RP poate fi determinată de relația $P(\%) = 100 / RP$ (ani). Cele mai utilizate perioade în practică sunt prezentate în Tabelul 3.

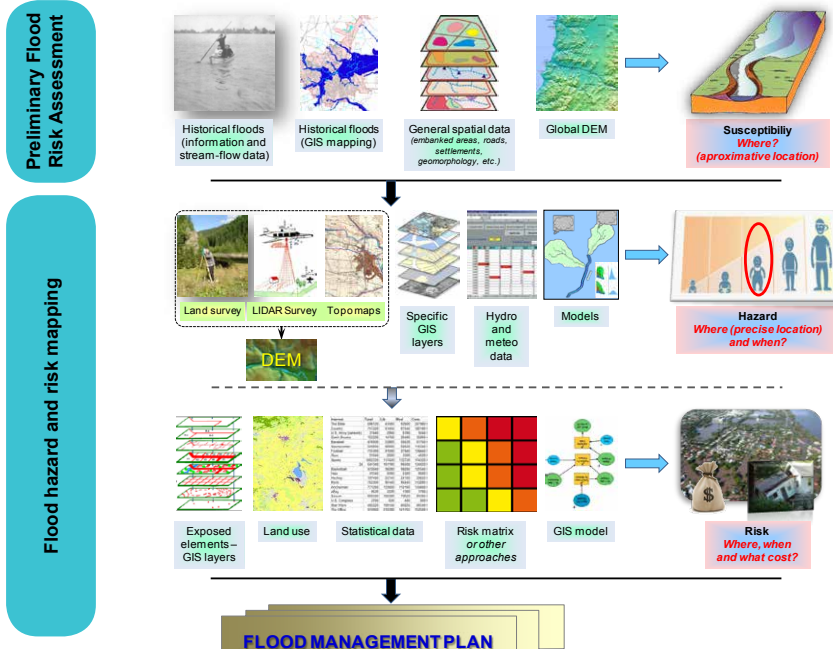


Fig. 5: The place of FHRA phase in the framework of flood management and main data involved / Locul etapei HHRI în cadrul gestionării inundațiilor și a principalelor date implicate

Return period (years)	1000	500	200	100	50	30	10
Probability (%)	0.1	0.2	0.5	1	2	3.3	10

Tab. 3: Correspondence between return period and probability /
 Corespondența dintre perioada de revenire și probabilitatea de depășire

The flood characteristics highlight the magnitude of the phenomenon through water depth, velocity and flood duration. However, in most cases, the hazard map only represents flood-prone areas in the river floodplains and water depth generated by peak discharge with a certain probability of exceeding.

Flood risk maps show not only where floods can occur and their magnitude, but also their potential consequences, in quantitative (monetary) or qualitative (intensity) terms, being a combination of hazard and vulnerability.

Vulnerability is difficult to quantify, this parameter must indicate the potential to react to a dangerous phenomenon and / or to support it, to adapt to it (FLOODsite, 2008). For example, in UK, is defined the vulnerability of the territory, depending on the effectiveness of hydrological warnings, the speed of installation and propagation of the phenomenon, the nature and usefulness of the buildings, as well as the vulnerability of the population, depending on the number of the very aged population, sick, infirm or long-term disabilities people (De Bruijn, 2009; DEFRA, 2006).

One of the FAME (The Floodrisk and damage Assessment using Modelling and Earth observation techniques) reports suggests risk assessment through a matrix (Fig. 6) as a function of hazard level (P1, P2, P3) and exposure (E0, E1, E2 , E3). This scheme can be easily adapted, even if the probabilities of exceedances are other than those currently used. The exposure classes depend on land use (Willems et al., 2003).

Caracteristicile inundațiilor evidențiază magnitudinea fenomenului prin adâncimea apei, viteza și durata inundațiilor. Cu toate acestea, în majoritatea cazurilor, harta de hazard reprezintă numai zonele predispușe la inundații în zonele inundabile ale fluviului și adâncimea apei generate de debitul maxim cu o anumită probabilitate a depășirii.

Hărțile de risc la inundații indică nu numai unde pot apărea inundații și magnitudinea lor, dar și consecințele lor potențiale, în termeni cantitativi (monetari) sau calitativi (intensitate), fiind o combinație de pericol și vulnerabilitate

Vulnerabilitatea este, însă, dificil de cuantificat, acest parametru trebuind să indice potențialul de a reacționa la un fenomen periculos și / sau de al suporta, de a se adapta la acesta (FLOODsite, 2008). Spre exemplu, în Marea Britanie este definită atât vulnerabilitatea teritoriului, în funcție de eficacitatea avertizărilor hidrologice, viteza de instalare și de propagare a fenomenului, natura și utilitatea clădirilor, cât și vulnerabilitatea populației, în funcție de numărul populației foarte îmbătrânită, al celor bolnavi, infirmi sau cu dizabilități pe termen lung (De Bruijn, 2009; DEFRA, 2006).

Unul dintre rapoartele FAME (The Flood risk and damage Assessment using Modelling and Earth observation techniques) propune evaluarea riscului printr-o matrice (Fig. 6), ca funcție de nivelul hazardului (P1, P2, P3) și expunere (E0, E1, E2, E3). Această schemă poate fi ușor adaptată, chiar dacă probabilitățile sunt altele decât cele utilizate în prezent. Clasele de expunere depind de modul de utilizare a terenului (Willems et al., 2003).

Exposure class / Clasa de expunere	Hazard level / Nivelul de hazard		
	P1 100 < T < 1000	P2 10 < T < 100	P3 T < 10
E0	R0	R1	R1
E1	R1	R2	R3
E2	R2	R3	R4
E3	R2	R4	R4

where / unde:

- R0 = risc la inundații foarte mic / very low flood risk;
- R1 = risc mic / low flood risk;
- R2 = risc mediu / medium flood risk;
- R3 = risc mare / high flood risk
- R4 = risc foarte mare / extreme flood risk.

Fig. 6: Methodological approaches to risk assessment - Flood risk matrix / Abordări metodologice de evaluare a riscului - matricea riscului la inundații (source/sursa: Raport FAME)

Most approaches use qualitative classes, since quantitative classification requires more detailed data. An example of such qualitative approach are the damage functions that are applied to each of the different asset classes: a damage function describes the damage in percent of the total value of a specific land use (Fig. 7). Different land uses may also have a different susceptibility to floods (Danube Atlas. Hazard and risk maps, 2012).

The interpretation of FHRM documents, developed as support for Flood Directive reporting, lead to the definition of flood risk maps as a document showing flooded areas in various scenarios (various probabilities of exceeding), potential consequences (economic activities, including infrastructure, pollution sources, protected areas, cultural sites, other useful information, etc.), and potentially affected population, referring to the number of inhabitants living in the flooded area.

Majoritatea abordărilor utilizează clase calitative, deoarece clasificarea cantitativă necesită date mai detaliate. Un exemplu de astfel de abordare calitativă sunt funcțiile de distrugere care sunt aplicate fiecărei clase de bunuri diferite: o funcție de distrugere descrie daunele în procente din valoarea totală a unei utilizări specifice a terenului (Figura 7). Diferitele categorii de folosință a terenului pot avea, de asemenea, o susceptibilitate diferită la inundații (Atlasul Dunării. Hărți de hazard și risc, 2012).

Interpretarea documentelor HHRI, elaborate ca suport pentru raportarea Directivei privind inundațiile, a dus la definirea hărților de risc la inundații ca fiind un document care prezintă zone inundate în diferite scenarii (diferite probabilități ale depășirii), consecințe potențiale (activități economice, inclusiv infrastructură, zone poluate, zone protejate, situri culturale, alte informații utile etc.) și populația potențial afectată, referindu-se la numărul de locuitori care locuiesc în zona inundată.

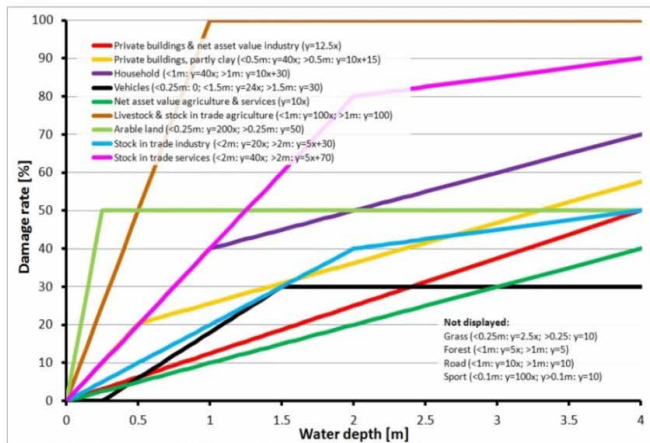


Fig. 7: Damage functions used for damage assessment (According to Andre Assman – Geomer GMBH) / Funcțiile de deteriorare utilizate pentru evaluarea daunelor (Potrivit lui Andre Assman - Geomer GMBH)

Hazard maps elaborated under the Floods Directive in Romania, have no legal or ruling scopes and don't provide the adequate degree of accuracy required by buildings / construction designation, especially those of industrial type, roads, wastewater treatment / sewage facilities,

Hărțile de hazard elaborate în conformitate cu Directiva Inundații din România nu au domenii de aplicare sau de reglementare juridice și nu asigură gradul adecvat de precizie cerut de clădiri / scopul construcțiilor, în special cele de tip industrial, drumuri, instalații de tratare a apelor reziduale

etc. However, knowing the floods and the boundaries of flooded areas, can allow to reduce the floods' damages by forbidding the building of new constructions in flooded areas and impacting the urbanisation rules.

The mapping step will result in the production of maps of flood risk areas, as well as a Geographic Information System (GIS). This GIS is intended not only to offer the necessary support for modelling, but also to make the maps, facilitate the dissemination of information and improve the visibility for the public.

/ canalizare etc. Cu toate acestea, cunoscând inundațiile și limitele zonelor inundate, se pot reduce pagubele produse de inundații prin interzicerea construirii de noi construcții în zonele inundabile și a impactului asupra regulilor de urbanizare.

Etapele de cartografiere va avea ca rezultat elaborarea de hărți ale zonelor cu risc la inundații, precum și un Sistem Informațional Geografic (SIG). Acest SIG este destinat nu numai să ofere sprijinul necesar modelării, ci și să realizeze hărți, să faciliteze difuzarea informațiilor și să îmbunătățească vizibilitatea pentru public.

4.2. MAIN PRODUCTS FOR FHRM REPORTING

For each Area of Potentially Significant Flood Risk (APSEFR), Member States shall prepare flood hazard maps and flood risk maps. There are some differences between information type reported at EU level and the one prepared for national dissemination, with more accuracy and more detailed products for the last one (Fig. 8).

The data related to the description of the flood consequences, needed for completing the FHRM database, is common with the data used for Preliminary Flood Risk Assessment (PFRA). Even if in most cases, the database has to be filled-up only with a general code, at the national level more detailed data must exist (Tab. 4).

4.2. PRODUSE PRINCIPALE PENTRU RAPORTAREA HHRI

Pentru fiecare areal cu risc potențial semnificativ la inundații (APSEFR), Statele Membre elaborează hărți de hazard la inundații și hărți de risc la inundații. Există unele diferențe între tipul de informație raportat la nivelul UE și cel pregătit pentru diseminarea la nivel național, cu mai multă precizie și mai multe produse detaliate pentru cea din urmă (Fig. 8).

Datele referitoare la descrierea consecințelor inundațiilor, necesare pentru finalizarea bazei de date HHRI, sunt comune cu datele utilizate pentru Evaluarea Preliminară a Riscului la Inundații (EPRI). Chiar dacă în majoritatea cazurilor, baza de date trebuie completată doar cu un cod general, la nivel național trebuie să existe date mai detaliate (Tabelul 4).

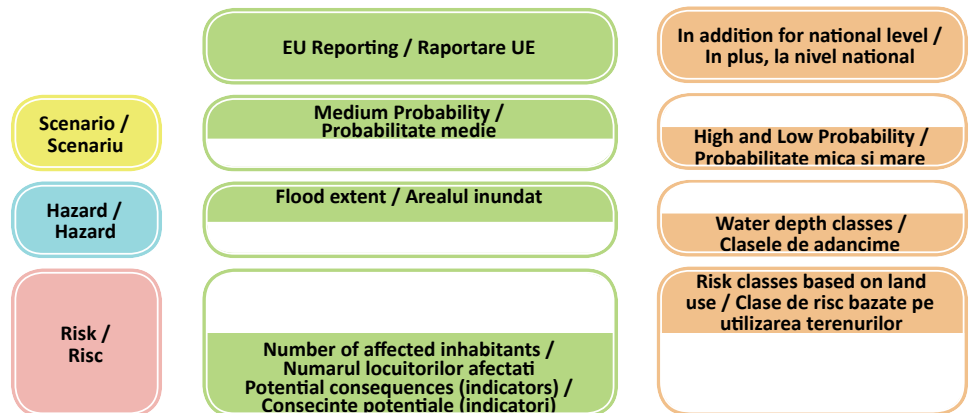


Fig. 8: Informații obligatorii privind hazardul și riscul la inundații impuse de Directiva privind inundațiile și cele diseminate suplimentar doar la nivel național / Mandatory flood hazard and risk information required by FD and those additional disseminated just for national level

Flood Directive type of consequences / Tipul consecințelor conform Directive Inundații		National indicators / Indicatori naționali	
Human Health / Sănătatea umană	Number of inhabitants affected / Numărul locuitorilor afectați	Population density and affected area in each settlement / Densitatea populației și suprafața afectată din teritoriul localității	
	Adverse consequences to human health / Consecințe adverse pentru sănătatea umană	Water supply facilities (station) / Infrastructura de aprovizionare cu apă (stație)	
		Water supply network affected (km) / Rețeaua de aprovizionare cu apă afectată (km)	
		Sewerage network affected (km) / Rețeaua de canalizare afectată (km)	
		Wells / Groundwater borehole Fântâni / Foraj în apa freatică	
		Hospitals / Spitale	
		Victims / Victime	
	Community / Comunitatea	Town halls / Primării	
		School / Școli	
		Police office / Unități de poliție	
Movie theatre / Cultural centre Teatre / Cinematografe / Centre culturale			
Economic Consequences / Consecințe economice	Properties / Proprietăți	Affected homes / Locuințe afectate	
		Totally destroyed homes / Locuințe total distruse	
	Infrastructure / Infrastructura	Household annexes / Anexe gospodării	
		Affected railroad (km) / Rețeaua de căi ferate afectate (km)	
		Affected roads (different types) (km)	
		Affected road – streets (km) / Căi rutiere afectate - străzi (km)	
		Affected bridges, culverts or other small bridges / Poduri, canale sau alte poduri mici afectate	
		Airports / Aeroporturi	
		Harbour / Porturi	
		Railway stations / Gări	
		Bus Terminal / Terminale de autobuze	
		Electricity network (km) / Rețeaua electrică	
		Dams / Baraje	
		Reservoirs / Lacuri de acumulare	
		Affected dykes (km) / Diguri afectate (km)	
		Affected shore defences / arrangement (km) Sisteme / aranjamente de apărare a malurilor (km)	
	Hydrological or weather stations / Stații hidrologice sau climatice		
	Channels for irrigation or draining (km) / Canale de irigație sau drenaj (km)		
	Other hydraulic structures / Alte structuri hidraulice		
	Rural land use / Utilizarea terenului	Area of arable land affected (km ²) / Suprafața de teren arabil afectată (km ²)	
		Area of grassland affected (km ²) / Suprafața de pășiști afectată (km ²)	
	Economic activity / Activitatea economică	Main economical facilities (included in SEVESO or IPPC) / Structuri economice principale de producție (incluse în SEVESO or IPPC)	Manufactory / Fabrici
			Livestock farms / Household Livestock Șeptelul de fermă / de gospodărie
			Gravel pits / Balastiere
			Fishing ponds / lazuri piscicole
			Shopping complex / Complexe comerciale
Small shops / Magazine mici			
Car parking / Parcări auto			
Hotel, restaurant, B & B / Hoteluri, restaurante, B & B			
Medical offices and pharmacies / Dispensare medicale și farmacii			
Health resort / Complexe de sănătate			
Other small economic activities / Alte mici activități economice			

Flood Directive type of consequences / Tipul consecințelor conform Directive Inundații		National indicators / Indicatori naționali	
Cultural Heritage	Cultural Assets / Obiective Culturale		Churches / Biserici
			Monuments / Monumente
			Museums / Muze
Environment- Medium	Protected Areas / Zone protejate	Birds – SPA / Păsări – SPA	Birds – SPA / Păsări - SPA
		Habitats – SCI / Habitate - SCI	Habitats – SCI / Habitate - SCI
		National or local PA / Zone protejate naționale sau locale	National or local Protected area / Zone protejate naționale sau locale
		UWWT	UWWT / Stații de epurare ape urbane
	Pollution Sources / Surse de poluare	IPPC, SEVESO	IPPC, SEVESO
	Other sources / Alte surse	Other sources / Alte surse	

SPA – Special Protection Areas
 SCI – Site of Community Importance
 UWWT – Urban Waste Water Treatment
 IPPC - International Plant Protection Convention
 SEVESO - Directive 82 / 501 / EEC on the major-
 accident hazards of certain industrial activities

Tab. 4: Informații principale privind consecințele care corespund cerințelor Directivei privind inundațiile și datelor detaliate la nivel național / Main information on consequences that are matching between Flood Directive requirements and detailed data at the national level

4.3. FHRM DISSEMINATION

Information to be reported includes geographical information (i.e. maps), alphanumerical data, summary text and other information. Detailed maps should not be directly reported to EU, but only maps displaying the flood extent. For detailed maps, the Member States should provide links to Web Map Services (WMS), Web Feature Services (WFS) or PDF versions.

The preferred solution is WMS or WFS with compliance to the INSPIRE Directive. This requires that the Member States implement public web mapping platforms for public consultation and dissemination requirements (WMS).

National authorities have the responsibility to implement a public web mapping platform both for the active information of the public (as requested by the Directive) and for providing remote access to maps required for the EU reporting.

Optionally it may contain more data than will be represented on maps and subsequently be enriched by new knowledge on hazards or issues (Fig. 9).

4.3 DISEMINAREA HHRI

Informațiile care trebuie raportate includ informații geografice (adică hărți), date alfanumerice, texte și alte informații. Hărțile detaliate nu se raportează direct către UE, ci se raportează doar hărțile care indică extinderea inundației. Pentru hărți detaliate, Statele Membre ar trebui să furnizeze link-uri către Web Map Services (WMS), Web Feature Services (WFS) sau versiuni PDF.

Soluția preferată este WMS sau WFS cu respectarea Directivei INSPIRE. Acest lucru presupune ca Statele Membre să implementeze platforme publice de cartografiere web pentru cerințele de consultare și difuzare publică (WMS).

Autoritățile naționale au responsabilitatea de implementa o platformă publică de cartografiere web atât pentru informarea activă a publicului (conform cerințelor Directivei), cât și pentru furnizarea accesului la distanță la hărți necesar pentru raportarea către UE.

Opțional, aceasta poate să conțină mai multe date decât cele reprezentate pe hărți și ulterior poate fi îmbogățită cu noi informații privind hazardul sau alte elemente (Fig. 9).

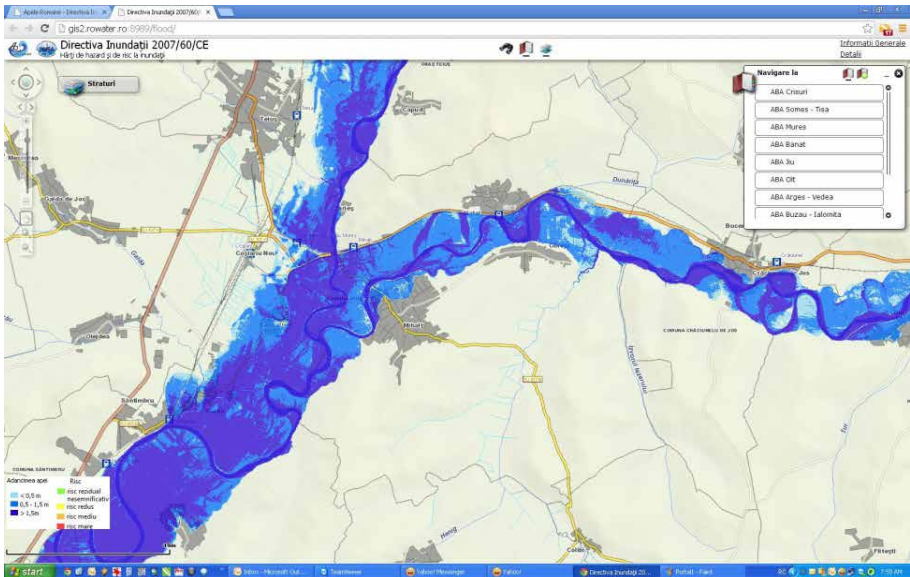


Fig. 9: Example for Romanian data portal for hazard and risk maps dissemination / Exemplu pentru portalul de date din România pentru diseminarea hărților de hazard și de risc

5. METHODOLOGY FOR HAZARD COMPUTATION

Probabilistic approaches are mainly described in this section, but geomorphologic approaches and the possible complementarity between both approaches can also be applied.

Hydrotechnique works, such as dams or dykes, can affect the results of hazard computation. For average hazard, mapping without and with flood protection works failure allows the comparison of affected areas and the assessment of vulnerability in this two working hypothesis. Thus, it can be determined if the effect of the protection structures is important or not. The scenario of extreme hazard can show the failure of overflow dams.

The global warming is difficult to take into consideration for rivers.

5. METODOLOGIA PENTRU CALCULUL HAZARDULUI

În această secțiune sunt descrise în principal abordările probabilistice, dar se pot folosi și abordări geomorfologice și o posibilă complementaritate între cele două.

Lucrările hidrotehnice, cum ar fi barajele sau digurile, pot afecta rezultatele calculului hazardului. Pentru hazardul mediu, realizarea hărților cu și fără cedarea lucrărilor de protecție la inundații permite compararea zonelor afectate și evaluarea vulnerabilității în cazul acestor două ipoteze de lucru. Astfel, se poate stabili dacă efectul structurilor de protecție este important sau nu. Scenariul unui hazard extrem poate arăta cedarea barajelor deversoare.

Este dificil de luat în considerare încălzirea globală în cazul râurilor.

5.1. HYDRAULIC TOOLS BASED ON MONO-FREQUENCY ASSESSMENT

Mono-frequency studies often imply studies section by section; for every reach, an input hydrograph is specifically designed according to the result of hydrological analyses. The flow after a confluence cannot be obtained by addition of upstream contributions, otherwise the estimated frequency would change (a 100-yr peak arriving from a tributary at the same time as a 100-yr peak from another tributary leads to a higher flow and a more important flood, with an estimated return period superior to 100-yr).

As a consequence, mono-frequency maps should not appear correlated, but show discontinuities at confluences. They are usually corrected afterwards to make the maps easier to read and avoid technical explanations.

The available methods can be listed from a simple local application of the Chezy formula, giving the water depth corresponding to a discharge, to the a full 2D model based on shallow water equation (St. Venant equations). Enhanced versions of 1D models exists, as well as simplified 2D models (Rapid Spreading Flood Model), which mostly computes a mass balance between cells, the fluxes between cells being estimated by weir equations.

For most hydraulic modelling studies in any river, canal, culvert, stream, creek, etc. both 1D and 2D models will provide all the information required for an analysis and / or design. Understanding the underlying assumptions of each model is very important when deciding on which type of model to use.

Because of the differences in how each model computes all of the hydraulic parameters, 2D models have advantages over 1D models in several situations. These include:

5.1. INSTRUMENTE HIDRAULICE BAZATE PE EVALUAREA DE TIP MONOFRECVENȚĂ

Studiile monofrecvență implică analiza secțiune cu secțiune; pentru fiecare curs de apă, un hidrograf este special realizat pe baza rezultatului analizelor hidrologice. Debitul după confluență nu se poate obține prin adunarea contribuțiilor din amonte, în caz contrar frecvența estimată s-ar putea schimba (un debit de vârf într-o perioadă de referință de 100 de ani al unui afluent care ajunge în același timp cu un debit de vârf în 100 de ani de la un alt afluent duc la un debit mai mare și la o inundație mai importantă, cu o perioadă estimată de recurență mai mare de 100 de ani).

În consecință, hărțile monofrecvență nu trebuie să apară corelate, ci trebuie să arate discontinuități la confluențe. Acestea sunt corectate de obicei ulterior, pentru a face hărțile mai ușor de citit și pentru evitarea explicațiilor tehnice.

Metodele disponibile pot fi listate prin simpla aplicare la nivel local a formulei Chezy, dând apei o adâncime corespunzătoare unui debit, pe un model 2D complet, bazat pe ecuația pentru ape puțin adânci (ecuații St. Venant). Există versiuni îmbunătățite de modele 1D, precum și modele 2D simplificate (Model de inundație cu propagare rapidă), care, în general, calculează un echilibru de masă între celule, fluxurile între celule fiind estimate prin ecuații de echilibrare.

Pentru majoritatea studiilor de modelare hidraulică pe orice râu, canal, apeduct, pârau, curs de apă etc., atât modelele 1D, cât și 2D vor oferi toate informațiile necesare pentru analiză și/sau proiectare. Înțelegerea ipotezelor de bază ale fiecărui model este foarte importantă în cazul luării unei decizii privind tipul de model ce va fi utilizat.

Deoarece există diferențe între modul în care fiecare model calculează toți parametrii hidraulici, modelele 2D au avantaje față de modelele 1D în mai multe situații. Acestea includ:

- Complex Floodplain Geometry (wide floodplains, variations in channel and floodplain flow paths, etc.)
- Complex Bridge Crossings (multiple openings, roadway overtopping, skewed embankments etc.)
- Braided Streams
- Asymmetric Floodplains
- Highly Meandering
- Bank Protection Design
- Levee Protection Design
- Habitat Analysis

Chosen hydraulic model should contain a number of modules that can be used either separately or combined. Minimum functionality should be:

- 1D hydraulic (hydrodynamic) modelling;
- hydrological modelling, rainfall-runoff type;
- results representation in GIS format.

The other specific functionality is given by a topographical module that allows to automatically extract river geometry from DEMs. This method is easier to implement, cross-section definition being a task that usually require expertise.

Hydraulic modeling program used to simulate water flow corresponding to the maximum flows with 10%, 1% and 0.1% exceedance probabilities, as well as those corresponding to the maximum flow rates resulting from scenarios of breaking the Stanca Costesti accumulation, was HEC-RAS 5.0.

The HEC-RAS modeling software, developed by the Hydrologic Engineering Center (HEC), allows the determination of characteristic data of non-permanent and permanent water flow, uniformly or progressively, for rivers in natural or modified hydrological regime (conform lucrărilor incluse în scheme de amenajare sau proiectate) cu alpii unifilare, dar și pentru alpii dendritice și inelare.

The mathematical model is based on the integration of the equations of non-

- Geometria complexă a albiei majore (alpii majore largi, variații ale traiectoriei de curgere în canal și în albia majoră etc.)
- Traversări complexe de poduri (deschideri multiple, treceri peste nivelul drumului, diguri înclinate etc.)
- Cursuri de apă cu brațe multiple
- Alpii majore asimetrice
- Meandre numeroase
- Proiectarea protecțiilor de mal
- Proiectarea digurilor de protecție
- Analiza Habitatului

Modelul hidraulic ales trebuie să conțină un număr de module care pot fi utilizate separat sau combinate. Funcționalitatea minimă trebuie să fie următoarea:

- Modelare 1D hidraulică (hidrodinamică);
- Modelare hidrologică tip ploaie-scurgere;
- Reprezentarea rezultatelor în format GIS.

Cealaltă funcționalitate specifică este dată de un modul topografic ce permite extragerea automată a geometriei râului din DEMs. Această metodă este mai ușor de implementat, definirea secțiunii transversale fiind o sarcină care, de obicei, necesită experiență.

Programul de modelare hidraulică utilizat pentru simularea curgerii apei corespunzătoare debitelor maxime cu probabilitățile de depășire de 10%, 1% și 0,1%, precum și celor corespunzătoare debitelor maxime rezultate în urma scenariilor de rupere a acumulării Stâncă Costești a fost HEC-RAS 5.0.

Softul de modelare HEC-RAS, dezvoltat de către „Hydrologic Engineering Center” (HEC), permite determinarea datelor caracteristice ale curgerii apei în mișcare nepermanentă și permanentă, în regim hidraulic uniform sau gradual variat, pentru râuri în regim hidrologic natural sau amenajat (conform lucrărilor incluse în scheme de amenajare sau proiectate) cu alpii unifilare, dar și pentru alpii dendritice și inelare.

Modelul matematic se bazează pe integrarea prin diferențe finite a ecuațiilor mișcării nepermanente și permanente. Cotele

permanent and permanent movement by finite differences. Free water surface elevation is calculated from one profile to another by solving the energy equation by an iterative routine called the standard step method.

In some locations, where the flood flow is concentrated in one or more streams parallel to the main water course or in the flow areas behind the dykes, the loop system called quasi 2D was used (Fig. 10).

The entire flooded area, especially downstream of the o Stanca Costesti accumulation, was covered with a loop riverbed network and its parallel courses.

suprafeței libere a apei sunt calculate de la un profil la altul rezolvând ecuația energiei printr-o rutină iterativă numită metoda pasului standard.

În anumite locații, unde debitul de inundare este concentrat în unul sau mai multe cursuri de apă paralele cu cursul principal de apă sau în zonele de curgere din spatele digurilor de apărare, s-a utilizat sistemul în buclă numit cvasi 2D (Fig. 10).

Întreaga suprafață inundată, în special în aval de acumularea Stanca Costesti, a fost acoperită astfel cu o rețea în buclă a râurilor și a cursurilor paralele acestuia.

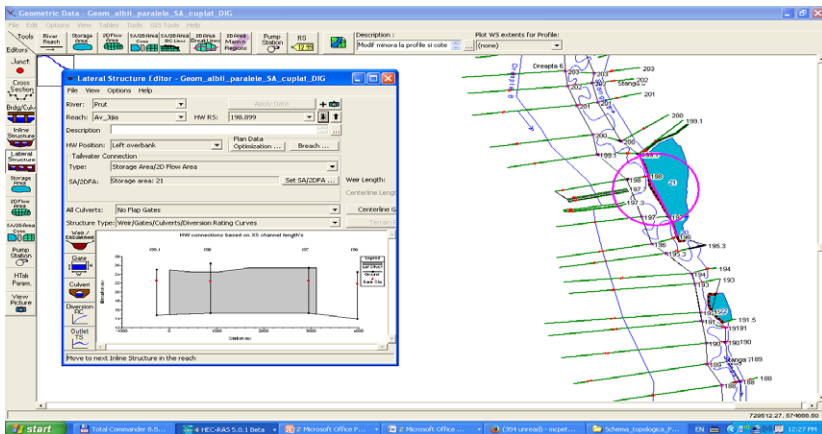


Fig. 10: Modelling of secondary parallel riverbeds located in the major bed / Modelarea albiilor paralele secundare situate în albia majoră

The connection between the main riverbed of the Prut river and the secondary parallel riverbeds located in the major bed and left and right accumulation areas was made using hydraulic reversible spillway structures having the length and elevations of the ridges corresponding to the lengths / crests of the dykes. The discharge of the crests of the defence dykes was done without considering their breaking.

The calibration and validation processes of the hydraulic models aim at determining the hydraulic parameters of the riverbed and the calculation coefficients so

Legătura dintre albia principală a râului Prut și albiile paralele secundare situate în albiile majore și zonele de acumulare stânga, respectiv dreapta, a fost realizată utilizând structuri hidraulice tip deversor reversibil având lungimea și cotele crestelor corespunzătoare lungimilor / coronamentelor digurilor. Deversarea digurilor de apărare a fost modelată fără a se considera ruperea acestora.

Prin procesele de calibrare și validare a modelelor hidraulice se urmărește determinarea parametrilor hidraulici ai albiei și a coeficienților de calcul, astfel încât să se reproducă prin calcul hidrografele de debit și

as to reproduce by calculation the discharge and the level hydrographs recorded in the control sections represented generally by the hydrometric stations of the studied riverbed.

Main parameters on which the calibration and validation processes of the hydraulic model reproducing the propagation of the flood waves can be acted upon are:

- roughness coefficients (n_i), which models the hydraulic strength of the riverbed;
- the length of the major riverbed for the purposes of general axis of propagation the flood recorded;
- determining the hill areas and their elevation where starts flooding the major riverbed, identifying and modeling local depressions (located below the banks of the minor riverbed) from the major riverbed with polder effect which do not participate in leakage but it influences the propagation and volume of recorded floods;
- locating and modeling afflux areas
- optimal adjustment of the calculation coefficients of the model, by adjusting the length of time and distance calculation steps along the river (DT, DX), the number of cycles in the integration of equations, etc.

It was established that entering the model for the floods recorded in 2008 and 2010, to represent the discharge hydrograph in the Oroftiana h.s. section, reconstituted after the limnimetric key in Oroftiana h.s. and level hydrographs recorded during the two floods. The discharge hydrographs from the hydrometric posts on the Prut River sections, corresponding to the floods recorded in 2008 and 2010, highlight the role of Stânca-Costești accumulation in the mitigation of floods (Fig.11).

hidrografele de nivel înregistrate în secțiunile de control, reprezentate în general prin stațiile hidrometrice ale albiei studiate.

Principalii parametri asupra cărora se poate acționa în cadrul proceselor de calibrare și validare ai modelului hidraulic ce reproduce propagarea undelor de viitură sunt:

- coeficienții de rugozitate (n_i), care modelează rezistența hidraulică a albiilor;
- lungimea albiilor majore în sensul axului general de propagare a viiturii înregistrate;
- determinarea zonelor de grind și a cotelor acestora de unde începe inundarea albiei majore, depistarea și modelarea zonelor depresionare locale (situat sub cota malurilor albiei minore) din albia majoră cu efect de polder care nu participă la scurgere, dar influențează propagarea și volumul viiturilor înregistrate;
- depistarea și modelarea zonelor de remuu;
- reglarea optimă a coeficienților de calcul ai modelului, prin reglarea mărimii pașilor de calcul de timp și de distanță în lungul râului (DT, DX), a numărului de cicluri la integrarea ecuațiilor etc.

S-a stabilit ca intrarea în model pentru viiturile înregistrate în anii 2008 și 2010, să o reprezinte hidrograful de debit din secțiunea s.h. Oroftiana, reconstituit după cheia limnimetrică din secțiunea s.h. Oroftiana și hidrografele de niveluri înregistrate în perioada celor două viituri. Hidrografele de debit din secțiunile posturilor hidrometrice de pe râul Prut, corespunzătoare viiturilor înregistrate în anii 2008 și 2010 scot în evidență rolul acumulării Stânca-Costești în atenuarea viiturilor (Fig. 11).

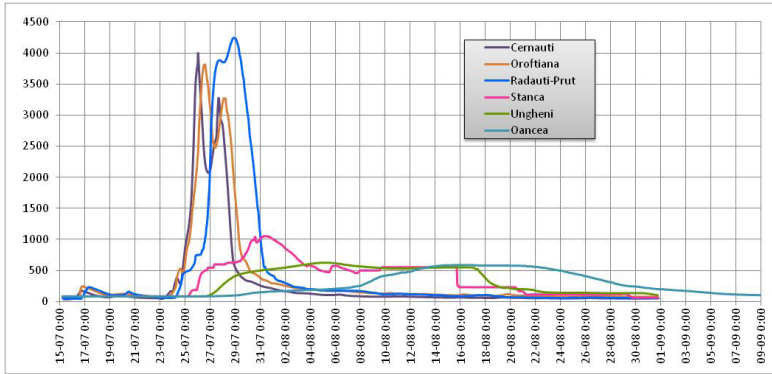


Fig. 11: Hidrografele de debit ale viiturii din 2008 la stațiile hidrometrice de pe râul Prut / de debit ale viiturii din 2008 la stațiile hidrometrice de pe râul Prut

5.2. MAIN DATA FOR HAZARD COMPUTATION

Accordingly to Floods Directive specifications, the hazard maps should show the flood extent, the water depth, and, where appropriate, the flow velocity or the relevant water flow.

During the modelling phase the following data has to be collected:

- Topographic maps,
- Hydrological data:
 - Gauging station (discharge, water levels)
 - Precipitation data
 - Recorded flood extent
- Geometrical data:
 - Cross sections
 - Longitudinal profile
 - Digital Terrain Model (DTM)
 - Hydraulic structures (dykes, weirs with operational rules, sills etc.)
- Hydrographical data (watercourse network, gauging station locations, lateral inflows),
- Extent of past floods.

Discharge and water level data as well as precipitation and evaporation data have to be verified and some statistic tests could highlight the inaccurate values. The identifying of the outliers is one of the main steps for hydrological data assessment.

5.2. PRINCIPALELE DATE UTILIZATE PENTRU CALCULUL HAZARDULUI

Conform specificațiilor Directivei Inundații, hărțile de hazard trebuie să indice extinderea inundației, adâncimea apei și, dacă este cazul, viteza de curgere sau debitul de apă relevant.

În faza de modelare trebuie colectate următoarele date:

- Hărți topografice,
- Date hidrologice:
 - Debite și niveluri ale apei
 - Date de precipitație
 - Extinderea inundației înregistrate
- Date geometrice:
 - Secțiuni transversale
 - Profil longitudinal
 - Model Digital al Terenului (MDT)
 - Structuri hidraulice (diguri, stăvilare cu regulamente operaționale, praguri etc.)
- Date hidrografice (rețeaua cursurilor de apă, amplasamentul stației de măsurare, afluenți laterali),
- Extinderea inundațiilor anterioare.

Datele referitoare la deversare și nivelul apei, precum și cele referitoare la precipitații și evaporare trebuie verificate, iar unele teste statistice pot evidenția valorile inexacte. Identificarea anomaliilor este una din etapele principale în evaluarea datelor hidrologice.

Exactitatea modelelor și a hărților de

The accuracy of both the models and the hazard maps can be improved with a better DEM. Besides the mathematical model results of the flood routing, the precision and the quality of the DEM is another main element to obtain some flood-prone areas with a high accuracy. Unlike the DEM used for general purposes, accomplished only on the basis of the topographical information, having maps (contour level and elevation points) as source, the ones used in hydrologic (especially in the hydraulic) modelling involve a very accurate river channel drawing up, through field measurements.

For defining the necessary DEM accuracy, it should be taken into account that a significant part of the water discharge flow inside the river channel, so that its shape reliability, described by dense elevation points that can be obtained by field measurement, leads to more precise results.

DEM quality is very important in dikes areas, too. The relative small width of crest dikes (5 m generally) makes important not only the accuracy of the DEM, but also its resolution, especially when topographical maps are used as information source for elevation. In these cases, a lower resolution averages a large range for altitudes, leading to distortions of real dike elevation (Fig. 12).

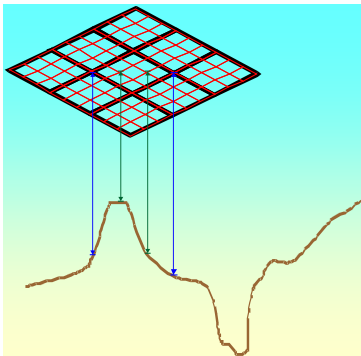


Fig. 12: The effect of resolution on dike crests elevation / Efectul rezoluției asupra cotei creștelor digului pe râul Prut

hazard poate fi îmbunătățită cu un MDT mai bun. Pe lângă rezultatele modelului matematic pentru propagarea inundațiilor, precizia și calitatea DEM este un alt element principal pentru obținerea cu o exactitate mai ridicată a unor zone predispuse inundațiilor. Spre deosebire de MDT utilizat în scopuri generale, obținut numai pe baza informațiilor topografice, pe baza hărților (curbe de nivel și cote altimetrice) ca sursă, cele utilizate în modelarea hidrologică (în special cea hidraulică) implică o descriere foarte exactă a albiei râului, prin măsurători în teren.

Pentru stabilirea acurateții MDT-ului necesar, trebuie luat în considerare faptul că o parte semnificativă a debitelor de apă curg prin albia râului, astfel încât precizia formei acesteia, rezultată dintr-o densitate mare a punctelor topo-batimetrice care pot fi obținute prin măsurători în teren, duce la rezultate mai precise.

Calitatea MDT este foarte importantă și în zona digurilor. Lărgimea relativ mică a digurilor cu creastă (în general 5 m) face ca nu doar acuratețea MDT-ului să fie importantă, ci și rezoluția acestuia, în special în cazul utilizării hărților topografice ca sursă de informație pentru cote. În aceste cazuri, o rezoluție scăzută determină un interval larg pentru altitudini, ceea ce duce la distorsiuni ale cotei reale a digului (Fig. 12).

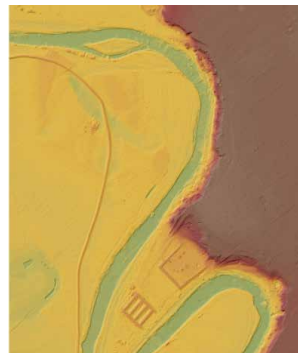


Fig. 13: LIDAR type DEM for Prut river and floodplain / MDT tip LIDAR pentru râul Prut și albia majoră

DTM based on information from topographic maps at the scale 1:25,000 can be obtained at 15 - 30 m resolution, and could be reduced at 5 – 10 m by cross section integration. But small width of dikes requires a higher-resolution data (around 0.5 - 2 m), that could be obtained from LIDAR (Light Detection And Ranging) type DEM (Fig. 13) or from detailed field measurements.

MDT bazat pe informații din hărți topografice la scara 1:25.000 se poate obține la o rezoluție la 15 - 30 m, care poate fi redusă la 5 – 10 m prin integrarea secțiunii transversale. Cu toate acestea, lățimea redusă a digurilor necesită date la o rezoluție mai mare (în jur de 0,5 - 2 m), care poate fi obținută printr-un MDT tip LIDAR (Light Detection And Ranging) (radiolocator optic) (Fig. 13) sau prin măsurători detaliate în teren.

6. METHODOLOGY FOR FLOOD RISK COMPUTATION

As shown above, the level of flood damages depends on many factors: the depth and flow rate, the duration of impact and the vulnerability of people, infrastructure or ecosystems exposed (Messner and Meyer, 2005; Büchele et al., 2006). Therefore, in many practical applications for flood risk assessment, the simplified definition of risk (probability x consequences).

The approach where a single flood risk map highlights all three hazard scenarios is less practical because the areas that are potentially flooded at high frequency will be affected at some point by floods with low probability of exceeding, but these are phenomena of much greater severity, and thus with other consequences.

Currently, in Romania, for high hazard class is used flow rate with probability of exceeding 10% and less, at 3.33% (every 10 or 30 years) to medium hazard class the flow rate with the probability of exceedance of 1% (1 / 100 years) is used and for the low hazard class the rate of 0.1% is used and the rate of 0.2% (1 / 1000 years, respectively 1 / 500 years).

6. METODOLOGIA PENTRU CALCULUL RISCULUI LA INUNDAȚII

Așa cum s-a arătat anterior, nivelul pagubelor datorate inundațiilor depinde de foarte mulți factori: adâncimea și viteza de curgere, durata impactului și vulnerabilitatea persoanelor, infrastructurii sau ecosistemelor expuse (Messner și Meyer, 2005; Büchele et al., 2006). Prin urmare, în numeroase aplicații practice pentru determinarea riscului la inundații, este utilizată definiția simplificată a riscului (probabilitate x consecințe).

Abordarea în care o unică hartă de risc la inundații surprinde toate cele 3 scenarii de hazard este mai puțin practică, deoarece arealele care, potențial, sunt inundate cu frecvență mare, vor fi afectate la un moment dat și de inundații cu probabilitate mică de depășire, acestea fiind însă fenomene de o severitate mult mai mare, și deci cu alte consecințe.

În prezent, în România, pentru clasa de hazard ridicat este utilizat debitul cu probabilitatea de depășire de 10% și, mai rar, cel de 3,33% (o dată la 10 ani, respectiv la 30 ani), pentru clasa de hazard mediu este utilizat debitul cu probabilitatea de depășire de 1% (1 / 100 ani), iar pentru clasa de hazard scăzut este utilizat debitul de 0,1% și mai rar cel de 0,2% (1 / 1000 ani, respectiv 1 / 500 ani).

6.1. ESTABLISHING WATER DEPTH CLASSES

For each scenario, a certain location could be affected with different intensity. The water depth, one of a common element used to define the magnitude or intensity of a flood, will generate different degrees of damage.

Since it is difficult to take into consideration all types of consequences with only water depth classification, property and population should be treated in priority. In order to achieve risk maps, 3 thresholds can be defined for water depth, as proposed for the project and showed in Fig. 14. Depth classes are obtained by converting grid data, resulting from mathematical modeling, in vector data (Fig. 15).

6.1. STABILIREA CLASELOR DE ADÂNCIME

Pentru fiecare scenariu, o anumită locație poate fi afectată cu o intensitate diferită. Adâncimea apei, unul din elementele comune utilizat pentru stabilirea magnitudinii sau intensității unei inundații, va genera diferite grade de pagubă.

Deoarece este dificil să se ia în considerare toate tipurile de consecințe numai prin clasificarea adâncimii apei, proprietatea și populația trebuie tratate cu prioritate. Pentru realizarea hărților de risc, se pot stabili 3 praguri pentru adâncimea apei, așa cum s-a propus pentru proiect și se arată în Fig. 14. Clasele de adâncime sunt obținute prin conversia datelor grid rezultate în urma modelării matematice în format vector (Fig. 15).

Index	Level of magnitude	Depth (m)
H1	Low	< 0.5
H2	Medium	0.5-1.5
H2	High	> 1.5

Fig. 14: Magnitude of hazard depending on water depth / Magnitudinea hazardului în funcție de adâncimea apei

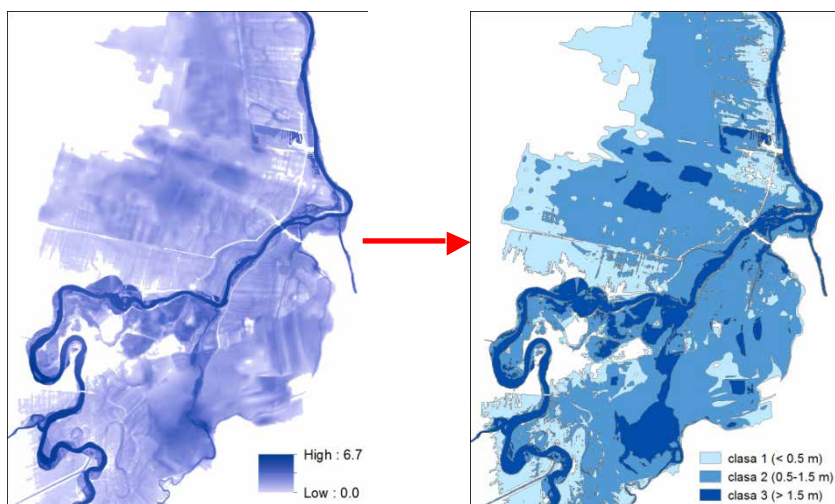


Fig. 15: Preparing hazard maps: a) initial depth grid; b) depth classes in vector format / Pregătirea hărților de hazard: a) grid inițial al adâncimilor; b) fișier de tip vector al claselor de adâncime

6.2. RISK COMPUTING

The agreed method is based on water depth, and CORINE land cover classes. Adaptation of the methodology presented in the FAME Report by replacing scenarios (probability of exceedance) with the magnitude of the flood (water depth) leads to simplification of the content of the risk maps, respectively to a better structuring and improvement of the possibilities for use, even if there are three different risk maps (one for each scenario).

By applying the proposed method, the flood risk (degree of intensity) is assessed qualitatively, being a combination between hazard and the presence or exposure of the receptors (Fig. 16).

RISK / RISC			Hazard magnitudo (water depth) / Magnitudinea hazardului (adâncime apă)		
			H1	H2	H3
			Low / Mică (<0.5)	Medium / Medie (0.5-1.5)	High / Mare (>1.5)
Consequences / Consecințe	C1	Mic	R0	R0	R1
	C2	Mediu	R1	R1	R2
	C3	Mare	R1	R2	R3

In order, to achieve the risk maps, it is necessary to define the types (classes) of the consequences (goods) which are found in the flood prone area and how they are affected by the different water depth classes. These classes were set based on the land use classification specific to the CORINE Land Cover database, to which new classes were added to meet practical needs.

There are several possibilities for obtaining potential damages, qualitatively expressed (grades or classes of risk intensity). It has been chosen to assign degrees of intensity to each combination of types of goods and depth classes (Fig. 17).

6.2. CALCULUL RISCULUI

Metoda agreată se bazează pe adâncimea apei și pe clasele de acoperire a terenului CORINE. Adaptarea metodologiei prezentată în Raportul FAME prin înlocuirea scenariilor (probabilităților de depășire) cu magnitudinea inundației (adâncimea apei) conduce la simplificarea conținutului hărților de risc, respectiv la o mai bună structurare și o îmbunătățire a posibilităților de utilizare, chiar dacă vor rezulta 3 hărți de risc diferite (câte una pentru fiecare scenariu).

Prin aplicarea metodei propuse, este evaluat calitativ riscul la inundații (grade de intensitate), acesta fiind o combinație între hazard și prezența sau gradul de expunere al receptorilor (Fig. 16).

where / unde:

R0 = risc la inundații nesemnificativ / insignificant flood risk;

R1 = risc mic / low flood risk;

R2 = risc mediu / medium flood risk;

R3 = risc mare / high flood risk

Fig. 16: The adapted flood risk matrix / Matricea riscului la inundații adaptată.

Pentru realizarea hărților de risc, este necesară definirea tipurilor (claselor) de consecințe (bunuri) care se găsesc în zona inundabilă și modul în care acestea sunt afectate de diferitele clase de adâncime a apei. Aceste clase au fost stabilite plecând de la clasificarea utilizării terenului specifică bazei de date CORINE Land Cover, la care au fost adăugate noi clase care să răspundă nevoilor practice.

Există mai multe posibilități de obținere a pagubelor potențiale, exprimate calitativ (grade sau clase de intensitate a riscului). S-a optat pentru atribuirea unor grade de intensitate fiecărei combinații dintre tipurile de bunuri și clasele de adâncime (Fig. 17).

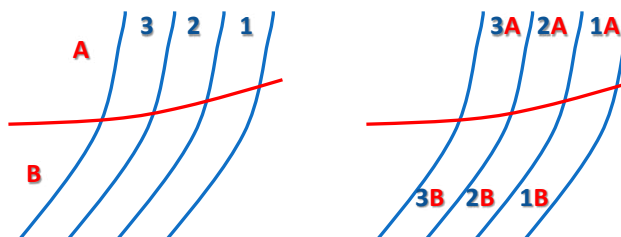


Fig. 17: Mapping of the combination between various types of assets (A, B) and depth classes (1, 2, 3) / Schematizarea modului de combinare dintre tipurile de bunuri (A, B) și clasele de adâncime (1, 2, 3).

In order to detail the vulnerability to floods expressed through different elements which lie inside the flood-prone areas, each type of CORINE Land Cover classes is ranked based on expert judgement and taking into account two different issues:

- Value of assets
- Resilience of assets, defined as “ability to cope with flooding and to recover from flooding” (strength and behaviour of various assets in case of a flood of a given magnitude)

Starting from principles stated before, different classes of risk and relation between vulnerability and water depth classes have to be established. 4 risk classes have been established, as follows:

- R0 = no significant flood risk;
- R1 = low flood risk;
- R2 = medium flood risk;
- R3 = high flood risk;

Basically, each combination between the types of consequences and depth classes was assigned to a certain degree of risk, resulting in a risk matrix (Tab. 5).

The rank file is prepared in a Microsoft Excel file, which shall be connected with CLC shapefile.

Pentru a detalia vulnerabilitatea la inundații exprimată prin diferite elemente din interiorul zonelor predispuse la inundații, fiecare tip de clasă din modul de clasificare CORINE Land Cover este clasificat pe baza opiniilor unui expert și luând în considerare două aspecte diferite:

- Valoarea bunurilor
- Rezistența bunurilor, definită ca fiind „capacitatea de a face față inundației și de recuperare în urma inundației” (rezistența și comportamentul diferitelor bunuri în caz de inundație de o anumită magnitudine)

Pornind de la principiile menționate, au fost stabilite diferite clase de risc și relația dintre clasele de vulnerabilitate și adâncime a apei. S-au stabilit 4 clase de risc la inundații:

- R0 – risc rezidual nesemnificativ;
- R1 – risc mic la inundații;
- R2 – risc mediu;
- R3 – risc mare.

Practic, fiecărei combinații dintre tipurile de consecințe și clasele de adâncime i s-a atribuit un anumit grad de risc, rezultând o matrice a riscului (Tab. 5).

Se pregătește un dosar de clasificare într-un fișier Microsoft Excel, care va fi conectat la CLC shapefile.

CLC CODE/ COD CLC	Land use classes/Clase de utilizare a terenului	Risk class corresponding to the water depth/Clasa de risc corespunzătoare adâncimii apei		
		Low/ Scăzut <0,5	Medium/ Mediu 0,5-1,5	High/ Ridicât >1,5
112	Discontinuous urban fabric / Spațiu urban discontinuu și spațiu rural	2	3	3
131	Mineral extraction sites / Zone de extracție a minereurilor	2	3	3
132	Dump sites / Gropi de gunoi	2	3	3
133	Construction sites / Zone în construcție	2	3	3
141	Green urban areas / Zone urbane verzi	0	1	1
...

Tab. 5: Example for risk classes defined based on CLC ranking and hazard classes / Exemplet de clase de risc definite pe baza clasificării CLC și a claselor de hazard

The data necessary for the execution of the flood risk maps is:

- Flood hazard maps (water depth);
- CORINE Land Cover database
- File ranking the CLC Classes
- Thematic layers for flood risk receptors (inhabitants, socio-economic activities, environmental, etc.), represented as polygons, lines or points.

All the thematic layers are achieved and prepared with the help of the ArcGIS software. Based on them, quantitative assessments of the risk prone elements are determined.

The presented approach leads to achieving a more detailed risk assessment compared with Flood Directive specifications for EU reporting. However, this detailing is resulting from the same documents, where is stated that the goal of reported maps is not the same as the national level maps: the first are designed to draw the attention of the user or citizen to areas of interest and to show where national FHRM are available and the user can zoom in through national tools.

According to the Floods Directive, other simpler methodologies could be adopted, in which case the risk maps shall show only the mandatory potential adverse consequences (the indicative number of inhabitants potentially affected, type of economic activity, IPPC facilities, and the protected areas mentioned in the Water Framework Directive).

6.3. CALCULATION OF AFFECTED INHABITANTS

The settlements are the most important element in the risk computation, taking into account the consequences on inhabitants and properties, as well as their vulnerability.

Inhabitant data is retrieved from the National Institute of Statistics (INS) and contains the number of inhabitants

Datele necesare pentru realizarea hărților de hazard la inundație sunt:

- Hărți de hazard la inundație (adâncimea apei);
- Baza de date CORINE Land Cover
- Dosarul de clasificare a claselor CLC
- Straturi tematice pentru receptorii riscului de inundație (locuitori, activități socio-economice, mediu etc.), reprezentate ca poligoane, linii sau puncte.

Toate straturile tematice se obțin și se pregătesc cu ajutorul software-ului ArcGIS. Pe baza acestora se realizează evaluări cantitative ale elementelor predispușe inundațiilor.

Abordarea prezentată duce la obținerea unei evaluări de risc mai detaliată față de specificațiile Directivei Inundații pentru raportarea UE. Cu toate acestea, această detaliere rezultă din aceleași documente în care se menționează că scopul hărților raportate nu este același cu cel al hărților la nivel național: primele sunt realizate pentru a atrage atenția utilizatorului sau cetățenilor asupra zonelor de interes și pentru a arăta unde sunt disponibile hărțile naționale de hazard și risc la inundații și utilizatorul le poate parcurge cu ajutorul instrumentelor naționale.

Conform Directivei Inundații, se pot adopta alte metodologii mai simple, caz în care hărțile de risc vor arăta numai consecințele negative potențiale (numărul de locuitori potențial afectați, tipul de activitate economică, facilități IPPC și zonele protejate menționate în Directiva – Cadru pentru Apă.

6.3. CALCULAREA NUMĂRULUI DE LOCUITORI AFECTAȚI

Așezările sunt cel mai important element în calcularea riscului, luând în considerare consecințele asupra locuitorilor și proprietăților, precum și vulnerabilitatea acestora.

Datele privind locuitorii sunt preluate de la Institutul Național de Statistică (INS) și conțin numărul de locuitori per așezare. Datele sunt

per settlement. The data is provided from national census.

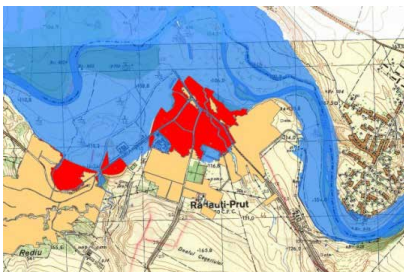
Determination of the number of affected inhabitants in a certain area is carried out statistically, in proportion to the flooded area, resulting an approximate value. The hazard area is intersected with settlements, containing information about population density, in order to get the potentially affected population (affected area x density).

The value determined for the affected population depends on the accuracy of the geometry of the settlements or the built-up area, the accuracy of the statistical data regarding the total population of the localities and the degree of detail of the information regarding the residential space (for example, the types of predominant buildings: houses or blocks).

Determining the number of inhabitants involves a series of steps (Fig. 18). Preparing the initial data refers to:

- the population of the settlement at the latest census, 2011 for Romania, in the [POP_2011] field
 - the total area of the localities in m² in the [S_T_mp] field
 - Population density in the [DENSITY] field
- Next, the following steps are required:
- preparing the flood prone area
 - clipping the localities for the area of interest
 - recalculating cutting area in m² in the [S_ZI_mp] field
 - calculating the population in the area of interest using the formula:

$$[POP_ZI] = [S_ZI_mp] \times [DENSITATE]$$



furnizate în urma recensământului național.

Determinarea numărului de locuitori afectați dintr-o anumită zonă se realizează în mod statistic, proporțional cu suprafața inundată, rezultând o valoare aproximativă. Astfel, zona de hazard este intersectată cu localitățile, care conțin informații despre densitatea populației, pentru a obține populația potențial afectată (zona afectată x densitate).

Valoarea determinată pentru populația afectată depinde de precizia și acuratețea geometriei localităților sau a spațiului construit, de corectitudinea datelor statistice referitoare la populația totală a localităților și de gradul de detaliere a informației referitoare la spațiul rezidențial (de exemplu, tipurile de imobile predominante: case sau blocuri).

Determinarea numărului de locuitori implică o serie de etape schematizate în Fig. 18. Pregătirea datelor inițiale se referă la:

- populația localității la cel mai recent recensământ, în cazul României anul 2011 în câmpul [POP_2011]
- suprafața totală a localităților în m², în câmpul [S_T_mp]
- densitatea populației, în câmpul [DENSITATE]

În continuare, sunt necesari următorii pași:

- pregătirea zonei inundabile de interes
- decuparea ("clip") localităților pentru zona de interes
- recalcularea suprafeței decupate în m² în câmpul [S_ZI_mp]
- calculul populației din zona de interes, utilizând formula.

$$[POP_ZI] = [S_ZI_mp] \times [DENSITATE]$$

Ex. Radauti-Prut

S_T_mp = 1552837 sq.m.

POP_2011 = 3577 inhabitants

DENSITATE = 0.0023 inhab./sq.m.

S_ZI_mp = 651701 sq.m.

[POP_ZI]=[S_ZI_mp] x [DENSITATE]

↓

POP_ZI = 1499 inhabitants

Fig. 18: Example of affected inhabitants / Exemplu de calcul populația afectată

For the extent to which the population is affected (second legend category), it was taking in consideration both the potentially affected population and proportion of affected population of the total population of each settlement (Tab. 6).

Three classes of inhabitants shall be displayed by one human, two human, three human, for example.

Pentru măsura în care populația este afectată (a doua categorie din legendă), s-a luat în considerare atât populația potențial afectată, cât și proporția populației afectate din populația totală a fiecărei așezări (Tab. 6).

Trei clase de locuitori vor fi afișate, de exemplu, printr-o siluetă umană, două sau trei.

Symbol / Simbol	Class / Clasa	Criterion 1 / Criteriul 1	Operator	Criterion 2 / Criteriul 2
0	Insignificant	Pop% > 15	OR	Pop% > 25 and Pop. affected < 9
1	Low	0 < Pop% < 15	AND	Pop. affected > 9
2	Medium	Pop% > 15	OR	Pop% > 25 AND Pop. affected < 400
3	High	Pop% > 25	AND	Pop. affected > 400

Tab. 6: Criteria for Degree of Affected Population indicator / Criterii pentru indicatorul Proportiei Populației Afectate

6.4. OTHER RECEPTORS EXPOSED TO FLOOD RISK

Content of the public disseminated flood risk maps has been set up in accordance with the requirements of the Floods Directive regarding the types of potential consequences, as well as the practical needs at national level. The types of data and information of national risk maps are (Fig. 19):

- risk classes (insignificant residual risk, low, medium and high);
- the degree of affected the population (insignificant, small, medium and high);
- potentially affected hotspots:
 - economic units included in IPPC and EPRTR
 - secondary economic activities
 - stations, stops
 - drinking water intakes from underground and surface
 - education units, hospitals, dispensaries
 - churches, museums, monuments
- localities

6.4. ALTE ELEMENTE EXPUSE RISCULUI LA INUNDAȚII

Conținutul hărților de risc la inundații diseminate public a fost stabilit în conformitate cu cerințele Directivei Inundații referitoare la tipurile de consecințe potențiale, dar și cu necesitățile practice la nivel național. Tipurile de date și informații componente ale hărților de risc la nivel național sunt (Fig. 19):

- clase de risc (risc rezidual ne semnificativ, mic, mediu și mare);
- gradul de afectare al populației (ne semnificativ, mic, mediu și mare);
- obiective punctuale potențial afectate:
 - unități economice incluse în IPPC și în EPRTR
 - activități economice secundare
 - gări, halte
 - captări pentru apa potabilă din subteran și suprafață
 - unități de învățământ, spitale, dispensare
 - biserici, muzee, monumente
- localități

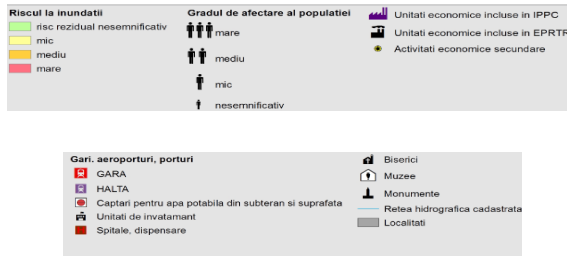


Fig. 19: The legend of the contents of the risk maps / Legenda conținutului hărților de risc

7. FHRM CONTENTS AND VISUALIZATION

Flood hazard maps are a practical tool for spatial planning, population warning and public information. The maps shall display not only the extension of the floods with high, medium and low probability, but also the water depth. Where appropriate, Members States could also prepare information on flow velocities or the relevant water flow for all three scenarios.

Hazard maps will be achieved by converting the grid file of water depth resulted from modelling into three water depth classes:

- 0 - 0.5 m;
- 0.5 - 1.5 m;
- over 1.5 m.

The proper use and application of flood hazard maps into planning processes and awareness campaigns require the consideration of some very basic information on the map. The most important aspects are:

- Title of the map: making clear reference

7. CONȚINUTUL ȘI VIZUALIZAREA HĂRȚILOR DE HAZARD ȘI DE RISC LA INUNDAȚII

Hărțile de hazard la inundații sunt un instrument practic pentru amenajarea teritoriului, avertizarea populației și informarea publicului. Hărțile vor afișa nu numai extinderea inundațiilor cu probabilitate ridicată, medie și redusă, ci și adâncimea apei. Unde este cazul, Statele Membre pot să pregătească și informații privind viteza de curgere sau debitul de apă relevant pentru toate cele trei scenarii.

Hărțile de hazard se vor realiza prin convertirea fișierului grid pentru adâncimea apei rezultat în urma modelării în trei clase de adâncime a apei:

- 0 - 0.5 m;
- 0.5 - 1.5 m;
- over 1.5 m.

Utilizarea și aplicarea adecvată a hărților de hazard la inundații în procesele de amenajare și în campaniile de conștientizare trebuie să aibă în vedere câteva informații de bază pe hartă. Cele mai importante aspecte sunt:

- Titlul hărții: referința clară la conținutul

- to the map content such as
- Flood parameters: Flood extent, depth, past event etc.
 - Probability consideration: defining more precisely what mean low, medium and high probability of occurrence
 - Location of the map as part of the catchment or country: provision of a small inset map
 - Legend:
 - parameters shown on the map with easy to read symbols or colour schemes;
 - class or ramp for numerical values
 - North and scale: preferably using scale bar as this allows for changes in page size
 - Responsible authority or institute with address, website (and / or telephone number)
 - Base date for the data and date of publication
 - If necessary: a disclaimer, including remarks on the quality of information can be added.

For representation of hazard layer, 3 classes of blue will be used. Also, a 30% transparency has to be applied in order to make the background usable.

Colour shades are chosen using “http://colorbrewer2.org”, in order to be colour-blind safe and printing friendly, as shown below (Fig. 20).

Depth class/ Clasa de adâncime	Red/Roșu	Green/Verde	Blue/Albastru
0 - 0.5m	225	230	245
0.5 - 1.5m	130	180	225
> 1.5m	5	110	175

Flood risk maps are an important basis and a practical tool for presenting and sharing existing information on flood risks. One map for each scenario shall be prepared. Since the extension of the floods with high, medium and low probability is different, the displayed elements (exposed areas of various land-uses, settlements,

- hărții, cum ar fi
- Parametrii inundațiilor: proporția inundațiilor, adâncime, evenimente anterioare etc.
 - Probabilitate: definirea mai exactă a ce înseamnă probabilitate de apariție redusă, medie și ridicată
 - Amplasarea hărții ca parte a bazinului hidrografic sau a țării: includerea unei mici hărți inserate
 - Legenda:
 - Parametrii indicați pe hartă cu simboluri sau scheme de culori ușor de citit;
 - Clasa sau scara pentru valori numerice
 - Nordul și scara: se utilizează de preferință o bară gradată, deoarece permite modificări aduse dimensiunii paginii
 - Autoritatea sau instituția responsabilă, cu adresă, website (și / sau număr de telefon)
 - Data culegerii datelor și data publicării
- Dacă este necesar: se pot adăuga precizări, inclusiv remarci privind calitatea informațiilor.

Pentru reprezentarea stratului de hazard se vor utiliza 3 clase de albastru. De asemenea, o transparență de 30% trebuie aplicată pentru a face fundalul utilizabil.

Nuanțele de culoare sunt selectate utilizând „http://colorbrewer2.org”, pentru acuitatea cromatică și în cazul daltoniștilor și pentru o imprimare ușoară, în modul indicat mai jos (Fig. 20).

Fig. 20: Colour shades for flood hazard classes / Nuanțe de culoare pentru clasele de hazard

Hărțile de risc la inundații sunt un instrument de bază, important și practic pentru prezentarea și diseminarea informațiilor existente privind riscurile la inundații. Se va pregăti o hartă pentru fiecare scenariu. Deoarece extinderea inundațiilor cu probabilitate ridicată, medie și redusă este diferită, elementele afișate (zonele expuse ale diferiților utilizatori ai terenului,

number of affected inhabitants and indicators) have to be prepared separately for each of three maps.

For representation of risk maps, three classes on red-orange-yellow, which correspond to high risk, medium risk and low risk, can be defined, to which is added “no risk” class symbolised as light green colour.

As in the case of hazard layer, for flood risk layer (grid or vector), a 30% transparency will be also used.

Colour shades are chosen using “<http://colorbrewer2.org>”, in order to be colour-blind safe and printing friendly, as shown below (Fig. 21).

Risk class/ Clasa de risc	Colour/ Culoare	Red/ Roșu	Green/ Verde	Blue/ Albastru
High/ Ridicat	Red/ Roșu	255	60	70
Medium/ Mediu	Orange/ Portocaliu	255	180	25
Low/ Redus	Yellow/ Galben	255	240	140
No risk/ Fără risc	Green/ Verde	190	240	180

Fig. 21: Colour shades for flood risk classes /
Nuanțe de culoare pentru clasele de risc

Stakes (points of interest) are represented by symbols (accordingly to legend shown in Fig. 19).

The reference scale and the degree of detail for the dynamic display of hazard and risk maps were selected taking into account the technical details of the CORINE Land Cover thematic layer. Therefore, maps can be available on the data portal(1: 25,000 scale)

Public disseminated flood risk maps, along with hazard maps, summarize essential flood information along the main watercourses. This can be an important tool for to implement different national or local plans and strategies in areas such as land use planning, urban planning, flood risk management, informing the general public, etc

așezările, numărul de locuitor și indicatori afectați) trebuie pregătite separat pentru fiecare din cele trei hărți.

Pentru reprezentarea hărților de risc, se pot defini trei clase reprezentate cu roșu-portocaliu-galben, ce corespund unui risc ridicat, mediu și scăzut, la care se adaugă clasa „fără risc”, reprezentată prin culoarea verde deschis.

Ca și în cazul stratului de hazard, pentru stratul de risc (grid sau vector) se va utiliza de asemenea un grad de transparență de 30%.

Nuanțele de culoare sunt selectate utilizând „<http://colorbrewer2.org>”, pentru acuitatea cromatică și în cazul daltoniștilor și pentru o imprimare ușoară, în modul indicat mai jos (Fig. 21).

Punctele de interes sunt reprezentate prin simboluri (conform legendei arătate în Fig. 19).

În alegerea scării de referință și a gradului de detaliu pentru afișarea dinamică a hărților de hazard și de risc s-a ținut cont de detaliile tehnice ale stratului tematic CORINE Land Cover. Prin urmare, pe portalul de date hărțile pot fi disponibile la scara 1:25.000.

Hărțile de risc la inundații diseminate public, alături de hărțile de hazard, conțin informații esențiale privind inondabilitatea în lungul principalelor râuri. Acestea pot constitui un important instrument pentru realizarea diferitelor planuri și strategii naționale sau locale, în domenii precum planificarea utilizării terenurilor, urbanism, gestionarea riscului la inundații, informarea publicului etc.

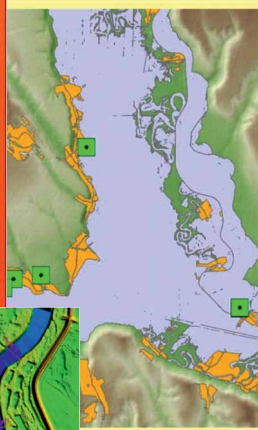
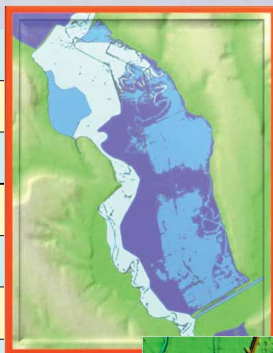
The European Union is made up of 28 Member States who have decided to gradually link together their know-how, resources and destinies. Together, during a period of enlargement of 50 years, they have built a zone of stability, democracy and sustainable development whilst maintaining cultural diversity, tolerance and individual freedoms.

The European Union is committed to sharing its achievements and its values with countries and peoples beyond its borders.

The Joint Operational Programme Romania-Ukraine-Republic of Moldova 2007-2013 is financed by the European Union through the European Neighborhood and Partnership Instrument and co-financed by the participating countries in the programme.



Lead Partner:	Ministry of Environment Romania
Partner 2:	Prut-Barlad Water Basin Administration Romania
Partner 3:	Siret Water Basin Administration Romania
Partner 4:	National Institute of Hydrology and Water Management Romania
Partner 5:	"Apele Moldovei" Agency Republic of Moldova
Partner 6:	Dnister-Prut Basin Department of water resources Ukraine
Partner 7:	Chernivtsi Regional Centre on Hydrometeorology Ukraine
Partner 8:	State Scientific and Technical Centre for inter-sectorial&regional problems the Environmental Safety and Resources Conservation "EcoResources" Ukraine



This publication has been produced with the assistance of the European Union. The contents of this publication are the sole responsibility of Ministry of Environment of Romania and can in no way be taken to reflect the views of the European Union or of the Romania-Ukraine-Republic of Moldova Joint Operational Programme 2007-2013 management structures.

Project implemented by Ministry of Environment - Romania

Contact: Marisanda PÎRÎIANU, Project Coordinator, tel.:+40.756.089.972, e-mail: marisanda.pirianu@mmediu.ro
Silvia NEAMȚU, Project Coordinator Assistant, tel: +40.754.231.242, e-mail: silvia.neamtu@mmediu.ro