



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DISEI**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE PER L'ECONOMIA  
E L'IMPRESA

# Tracking a decade of hydro-geological emergencies in Italy and their interplay with urban expansion



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

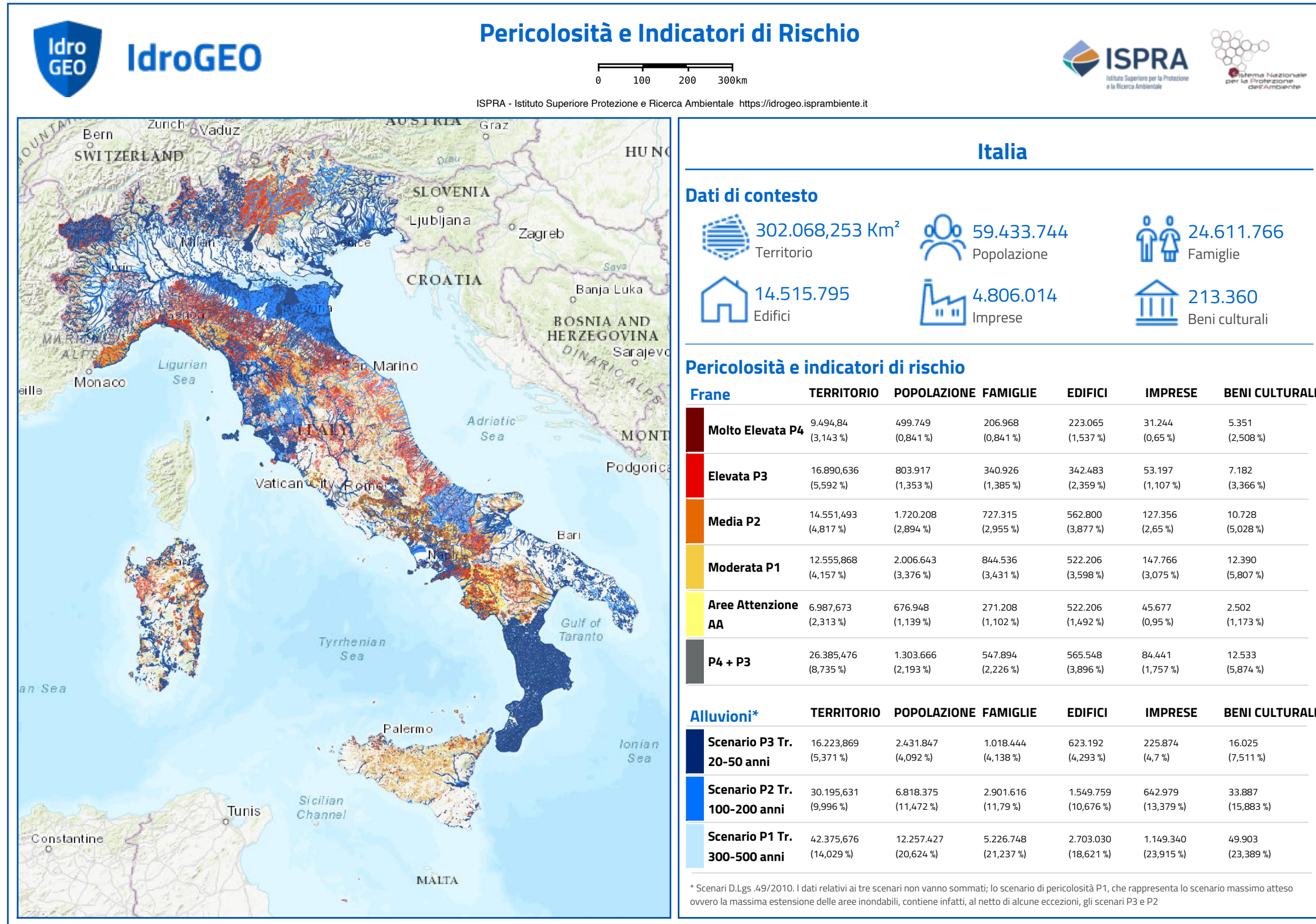
PAPER  
UNDER  
REVIEW



Sharing not  
permitted

Alessio Gatto, Federico Martellozzo, Stefano Clò, Samuele Segoni

# Background and setting



## Italia

### Dati di contesto



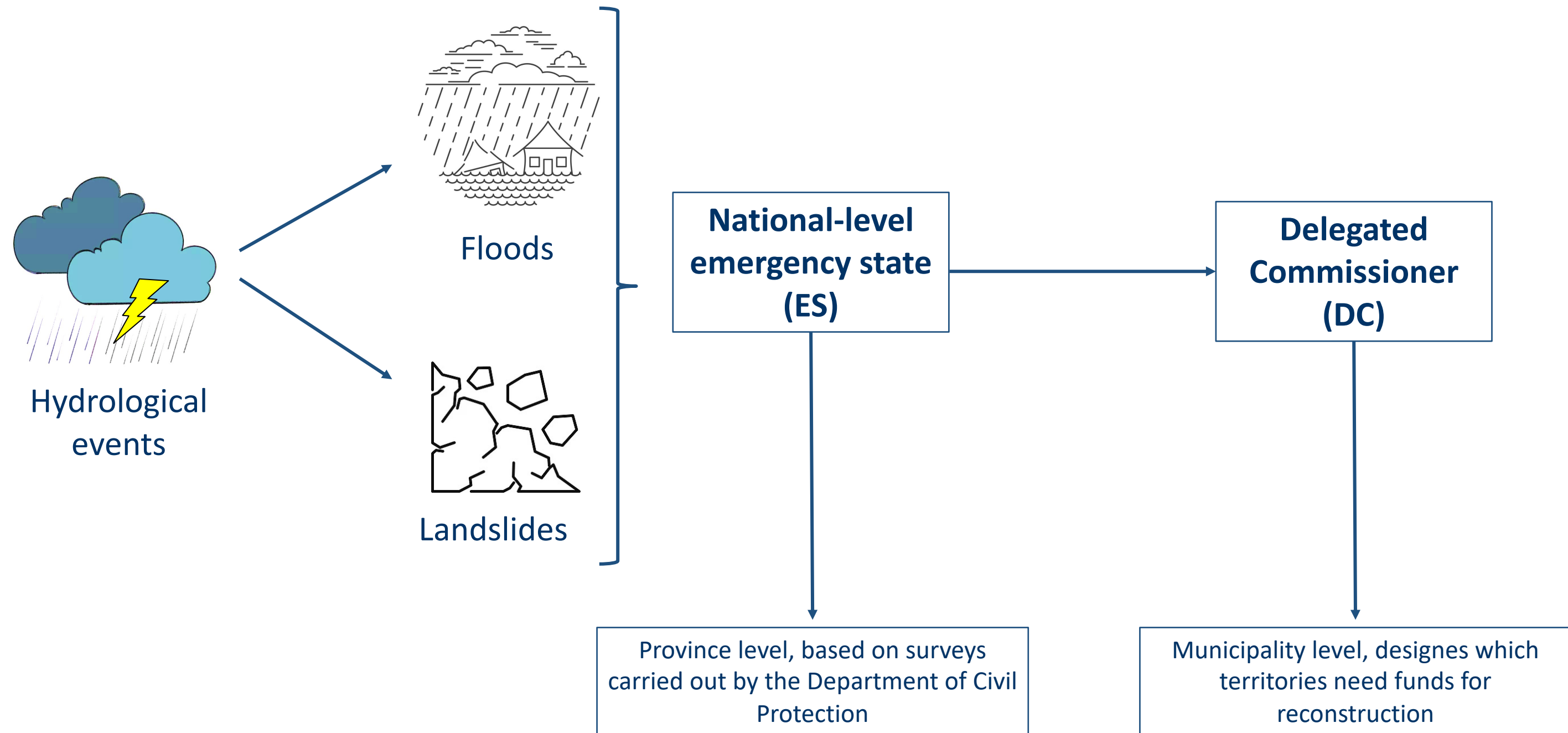
### Pericolosità e indicatori di rischio

Frane	TERRITORIO	POPOLAZIONE	FAMIGLIE	EDIFICI	IMPRESE	BENI CULTURALI
<b>Molto Elevata P4</b>	9.494,84 (3,143 %)	499.749 (0,841 %)	206.968 (0,841 %)	223.065 (1,537 %)	31.244 (0,65 %)	5.351 (2,508 %)
<b>Elevata P3</b>	16.890,636 (5,592 %)	803.917 (1,353 %)	340.926 (1,385 %)	342.483 (2,359 %)	53.197 (1,107 %)	7.182 (3,366 %)
<b>Media P2</b>	14.551,493 (4,817 %)	1.720.208 (2,894 %)	727.315 (2,955 %)	562.800 (3,877 %)	127.356 (2,65 %)	10.728 (5,028 %)
<b>Moderata P1</b>	12.555,868 (4,157 %)	2.006.643 (3,376 %)	844.536 (3,431 %)	522.206 (3,598 %)	147.766 (3,075 %)	12.390 (5,807 %)
<b>Aree Attenzione AA</b>	6.987,673 (2,313 %)	676.948 (1,139 %)	271.208 (1,102 %)	522.206 (1,492 %)	45.677 (0,95 %)	2.502 (1,173 %)
<b>P4 + P3</b>	26.385,476 (8,735 %)	1.303.666 (2,193 %)	547.894 (2,226 %)	565.548 (3,896 %)	84.441 (1,757 %)	12.533 (5,874 %)

Alluvioni*	TERRITORIO	POPOLAZIONE	FAMIGLIE	EDIFICI	IMPRESE	BENI CULTURALI
<b>Scenario P3 Tr. 20-50 anni</b>	16.223,869 (5,371 %)	2.431.847 (4,092 %)	1.018.444 (4,138 %)	623.192 (4,293 %)	225.874 (4,7 %)	16.025 (7,511 %)
<b>Scenario P2 Tr. 100-200 anni</b>	30.195,631 (9,996 %)	6.818.375 (11,472 %)	2.901.616 (11,79 %)	1.549.759 (10,676 %)	642.979 (13,379 %)	33.887 (15,883 %)
<b>Scenario P1 Tr. 300-500 anni</b>	42.375,676 (14,029 %)	12.257.427 (20,624 %)	5.226.748 (21,237 %)	2.703.030 (18,621 %)	1.149.340 (23,915 %)	49.903 (23,389 %)

\* Scenari D.Lgs. 49/2010. I dati relativi ai tre scenari non vanno sommati; lo scenario di pericolosità P1, che rappresenta lo scenario massimo atteso ovvero la massima estensione delle aree inondabili, contiene infatti, al netto di alcune eccezioni, gli scenari P3 e P2

# Background and setting



# Dataset

- Dataset collecting all hydrogeological disasters occurred in Italy from 2013 to 2022 that required the declaration of a national-level emergency.
- Information about hit municipalities were retrieved on regions' websites
- Additional information about funds and period of occurring events were included.

# Dataset

- One spreadsheet and two shapefiles that provide information about severity and spatio-temporal extension of each hydrogeological emergency.
- Spreadsheet: Two separate sheets, provinces and municipalities, each row accounts for the space-time occurrence of a hydrogeological event.
- Shapefiles: Two separate shapefiles, provinces and municipalities, containing cumulative duration and count of ES.

# Spreadsheet fields

- Event\_code: Univocal alphanumeric code for each ES
- Prov\_code/Mun\_code: ISTAT code for each territory
- Province/Municipality: Name of each territory
- ES y/n: (0;1) territory inclusion in the ES (0 = no, 1 = yes)
- Civil Protection Ordinance: Official number and date of each emergency state ordinance
- Evnstart - Evnend: Start and end date of the triggering event occurrence period (could be more than one period per event)
- Acc: (1-3) Temporal accuracy (1 = high, 2 = medium, 3 = low)

# Spreadsheet fields (provinces)

- ES\_start: Start date of the emergency state.
- ES\_end: End date of the emergency state (average emergency duration 1.5 years)
- Funds\_req\_prod: Funds requested by the DC to restore production activities
- Funds\_req\_tot: Funds requested by the DC
- Funds\_received: Statal funds transferred to the DC, in charge to manage the emergency



# Spreadsheet fields

- Provinces

Event_code	Prov_code	Province	ES y/n	Civil Protection Ordinance	Ev1start	Ev1end	Ev2start	Ev2end	Ev3start	Ev3end	Ev4start	Ev4end	Acc	ES_start	ES_end	Funds_received	Funds_req_prod	Funds_req_tot
2013_01	33	Piacenza	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	03/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	34	Parma	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	04/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	35	Reggio Emilia	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	05/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	36	Modena	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	06/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	37	Bologna	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	07/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	38	Ferrara	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	08/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	39	Ravenna	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	09/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	40	Forlì-Cesena	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	10/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	99	Rimini	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	11/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_02	45	Massa Carrara	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	46	Lucca	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	47	Pistoia	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	48	Firenze	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	49	Livorno	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	50	Pisa	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	51	Arezzo	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	100	Prato	1	n. 86 del 31 maggio 2013 -	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €

- Municipalities

Event_code	Province	Prov_code	Municipality	Mun_code	ES y/n	Civil Protection Ordinance	Ev1start	Ev1end	Ev2start	Ev2end	Ev3start	Ev3end	Ev4start	Ev4end	Acc
2013_01	Bologna	37	Argelato	37002	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Bentivoglio	37005	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Bologna	37006	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Borgo Tossigna	37007	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Calderara di Re	37009	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Camugnano	37010	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Casalfiumanes	37012	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel d'Aiano	37013	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel del Rio	37014	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel di Casio	37015	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel San Piet	37020	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castiglione dei	37022	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Crespellano	37061	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Dozza	37025	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Fontanelice	37026	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Gaggio Montar	37027	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Granaglione	37062	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Grizzana Mora	37031	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Imola	37032	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1



# Spreadsheet fields

- Provinces

Event_code	Prov_code	Province	ES y/n	Civil Protection Ordinance	Ev1start	Ev1end	Ev2start	Ev2end	Ev3start	Ev3end	Ev4start	Ev4end	Acc	ES_start	ES_end	Funds_received	Funds_req_prod	Funds_req_tot
2013_01	33	Piacenza	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	03/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	34	Parma	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	04/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	35	Reggio Emilia	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	05/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	36	Modena	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	06/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	37	Bologna	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	07/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	38	Ferrara	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	08/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	39	Ravenna	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	09/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	40	Forlì-Cesena	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	10/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_01	99	Rimini	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - r	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1	09/05/13	11/02/14	14.000.000,00 €	11.393.265,92 €	275.109.152,64 €
2013_02	45	Massa Carrara	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	46	Lucca	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	47	Pistoia	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	48	Firenze	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	49	Livorno	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	50	Pisa	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	51	Arezzo	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €
2013_02	100	Prato	1	n. 86 del 31 maggio 2013 - r	05/03/13	19/03/13							2	09/05/13	03/02/14	6.000.000,00 €	548.037,86 €	93.006.909,15 €

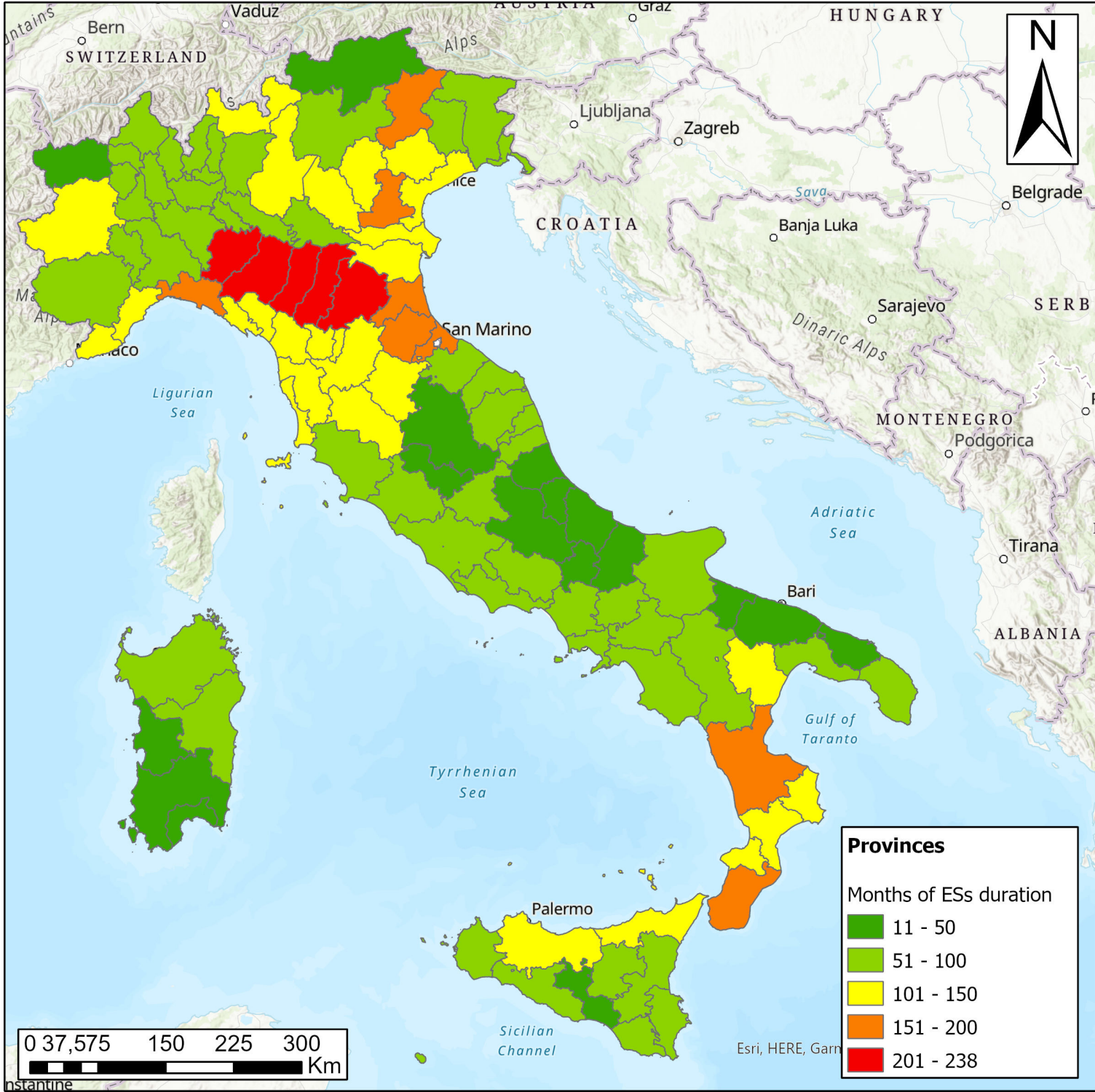
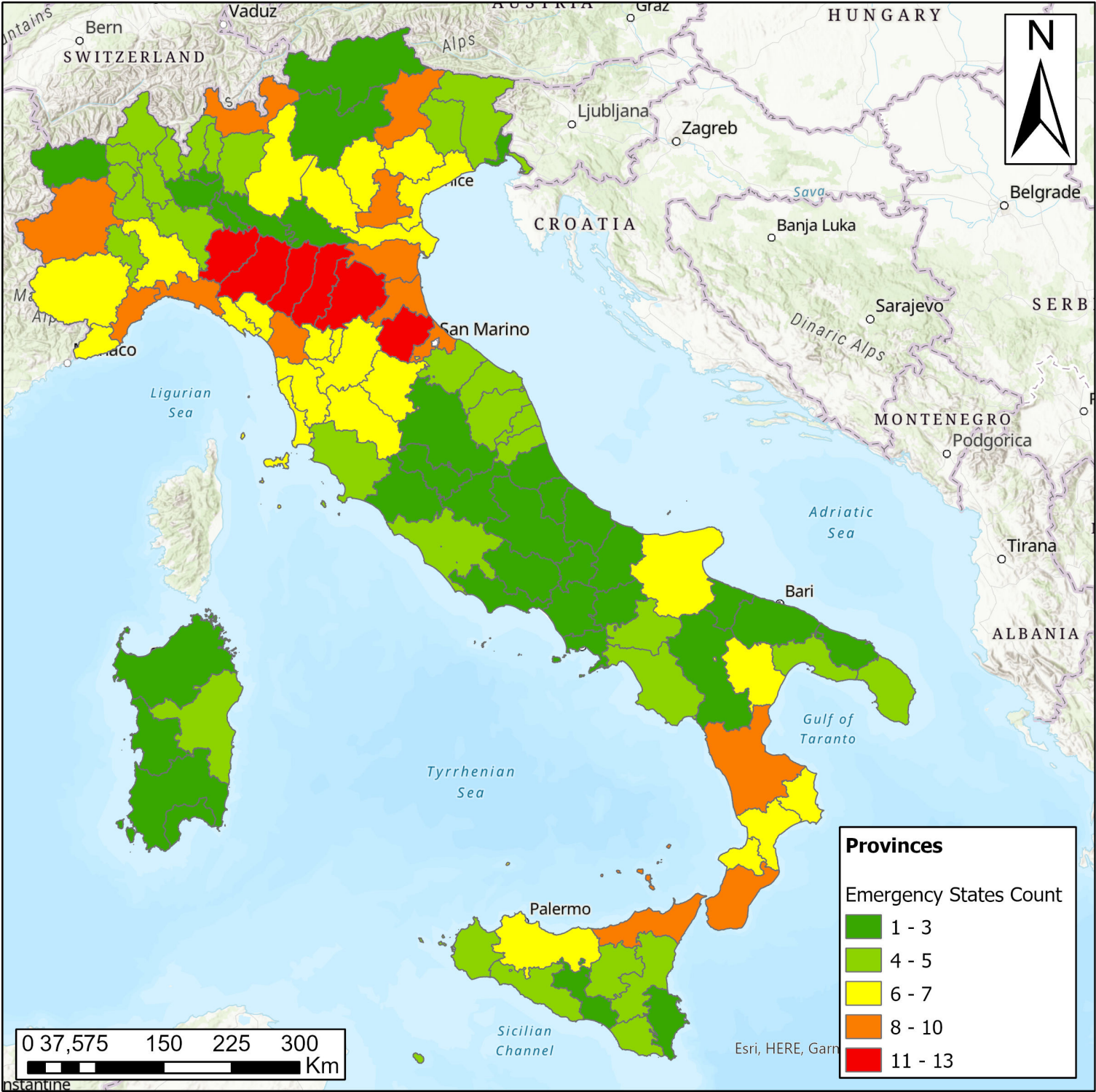
- Municipalities

Event_code	Province	Prov_code	Municipality	Mun_code	ES y/n	Civil Protection Ordinance	Ev1start	Ev1end	Ev2start	Ev2end	Ev3start	Ev3end	Ev4start	Ev4end	Acc
2013_01	Bologna	37	Argelato	37002	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Bentivoglio	37005	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Bologna	37006	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Borgo Tossigna	37007	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Calderara di Reno	37009	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Camugnano	37010	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Casalfiumanese	37012	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel d'Aiano	37013	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel del Rio	37014	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel di Casio	37015	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castel San Pietro Terme	37020	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Castiglione dei Pepoli	37022	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Crespellano	37061	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Dozza	37025	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Fontanelice	37026	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Gaggio Montano	37027	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Granaglione	37062	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Grizzana Morandi	37031	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1
2013_01	Bologna	37	Imola	37032	1	n. 83 del 27 maggio 2013 - n	05/03/13	10/03/13	17/03/13	18/03/13	07/04/13	08/04/13			1

# Shapefiles fields

- Region/province/municipality: Name of the territory
- Prov\_code/Mun\_code: ISTAT code for each territory
- N\_ES: ES count
- M\_ES: Cumulative count of months of duration of each ES

# Results



# Ongoing applications

- Correlations between impacts and soil sealing, areas at risk and urban fabric
- Better understanding policies of urban management
- Estimate indirect impacts on local economy
  - *Assessing the indirect impacts of hydro-geological hazards on Italian firms: a nation-wide assessment, **Samuele Segoni, Stefano Clo'***  
Oral presentation, Session NH 9.7, Fri, 28 Apr, 08:45 - 08:55 Room 1.31/32
- Open for your suggestions



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA

# Thank you for your attention

[alessio.gatto@unifi.it](mailto:alessio.gatto@unifi.it)



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DISEI**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE PER L'ECONOMIA  
E L'IMPRESA