

AREA TEMATICA – AGROECOSISTEMI

Scheda Indicatore 8: **Indicatore di pericolosità idraulica nelle** **aree agricole**

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE	1
2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE	2
3 APPLICAZIONE DELL'INDICATORE AL TERRITORIO PUGLIESE	3
4 CONCLUSIONI	12
Riferimenti bibliografici	14

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE

I picchi elevati di temperatura, la siccità e gli eventi alluvionali sono solo alcuni degli effetti dei cambiamenti climatici che mettono a rischio la sicurezza alimentare e provocano ingenti danni economici al comparto agricolo. In particolare, gli eventi estremi di inondazione sono accentuati, oltre dai cambiamenti climatici, anche dai cambiamenti di uso e copertura del suolo e si ipotizza che tali fenomeni saranno sempre più frequenti (Wübbelmann T., et al 2023, Freire et al 2020, Akter et al 2018, Brown e Damery, 2002, Reynard et al., 2001). A risentire di tali cambiamenti è l'agricoltura considerata uno dei settori economici più vulnerabili a causa della dipendenza diretta e indiretta di molte attività agricole dalle condizioni climatiche (Burke e Emerick, 2016; Thornton et al., 2018). L'agricoltura di tipo intensivo è quella maggiormente esposta in quanto le pratiche adottate alterano la struttura e la funzionalità dell'ecosistema suolo determinando la perdita di servizi ecosistemici importanti per la collettività quali, ad esempio, l'assorbimento di carbonio, la protezione dall'erosione e dal dissesto idrogeologico.

Secondo la FAO (2021) le inondazioni, dopo la siccità, sono tra le principali cause di perdita di produzione agricola a livello mondiale con un danno economico stimato da Wonsik K (2023) in

1/15



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

5,5 miliardi di dollari statunitensi durante il periodo 1982-2016. Le inondazioni possono, infatti, influenzare la crescita e la resa delle colture a causa degli eventi estremi ed i ristagni di acqua che comportano una modificazione delle caratteristiche chimiche e fisiche del suolo agricolo (Wang, X et al 2022, Schmidhuber J., 2007). In particolare, i ristagni di acqua e la presenza di residui di fertilizzanti e prodotti fitosanitari provocano alcune problematiche quali, ad esempio, l'inquinamento delle acque.

L'indicatore di "pericolosità idraulica nelle aree agricole" è stato selezionato con lo scopo di migliorare la conoscenza della struttura e delle funzioni degli agroecosistemi e di prevenire la perdita di produzione agricola connessa ai fenomeni alluvionali. Secondo il Rapporto Crea "L'agricoltura pugliese conta 2021" il valore economico totale regionale delle produzioni e dei servizi in agricoltura nel 2019 è stato di circa 4,7 miliardi di euro, mentre nel 2017 il valore aggiunto dell'industria alimentare è stato stimato in 1,278 miliardi di euro. Tra le principali produzioni agricole si annovera quella cerealicola (27,4%) seguita dall'olivicoltura (25,6%), dalle foraggere (15,7%) e dalla viticoltura 7,7% (CREA, 2023).

2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE

La metodologia proposta, per il calcolo e la mappatura dell'indicatore, ha riguardato l'utilizzo della Carta Tematica di Uso del Suolo (CTUS) della Regione Puglia 2011 e della Carta della pericolosità idraulica di ISPRA per ricavare, in ambiente GIS, una carta delle aree agricole per tipologia di coltura, con diverso livello di pericolosità. I livelli di esposizione al rischio di pericolosità idraulica nelle aree agricole infine sono stati cartografati anche in funzione degli ambiti di paesaggio e delle figure territoriali del del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR). Per il calcolo dell'indicatore, le superfici agricole della CTUS della Regione Puglia 2011 sono state aggiornate per intersezione con i dati ISPRA sulle superfici impermeabilizzate 2021.

Per quanto riguarda l'identificazione delle aree agricole a pericolosità idraulica sono stati utilizzati i dati sulle aree esposte a rischio alluvioni, pubblicate nel Rapporto ISPRA sul Dissesto Idrogeologico in Italia (Trigilia A. et al, 2021)¹. Tali dati delineano, a partire dai *dataset* spaziali predisposti dalle Autorità di Bacino Distrettuale, il perimetro delle aree definite ad alta, media e bassa pericolosità in base al livello di probabilità di un evento alluvionale. In particolare, le aree ad alta pericolosità (P3) sono quelle interessate da eventi alluvionali frequenti con tempi di ritorno compresi tra 20 e 50 anni, nelle aree a media pericolosità (P2) i tempi di ritorno oscillano tra 100 e 200 anni mentre in quelle a bassa (P1) sono superiori a 200 anni.

¹ I dati vettoriali sulla mosaicatura nazionale di pericolosità sono scaricabili dal sito <https://www.isprambiente.gov.it>.

3 APPLICAZIONE DELL'INDICATORE AL TERRITORIO PUGLIESE

L'aggiornamento della cartografia dell'uso e copertura del suolo e le relative superfici agricole sono riportate rispettivamente in figura 1 ed in tabella 1. Il territorio regionale è caratterizzato da colture prevalentemente seminative in aree non irrigue 39,40% e da oliveti che occupano circa il 30%. Il 15,64% è invece occupato da seminativi in aree irrigue ed il 9,32% da vigneti. Il resto delle colture rappresentano porzioni di territorio inferiori al 5%.

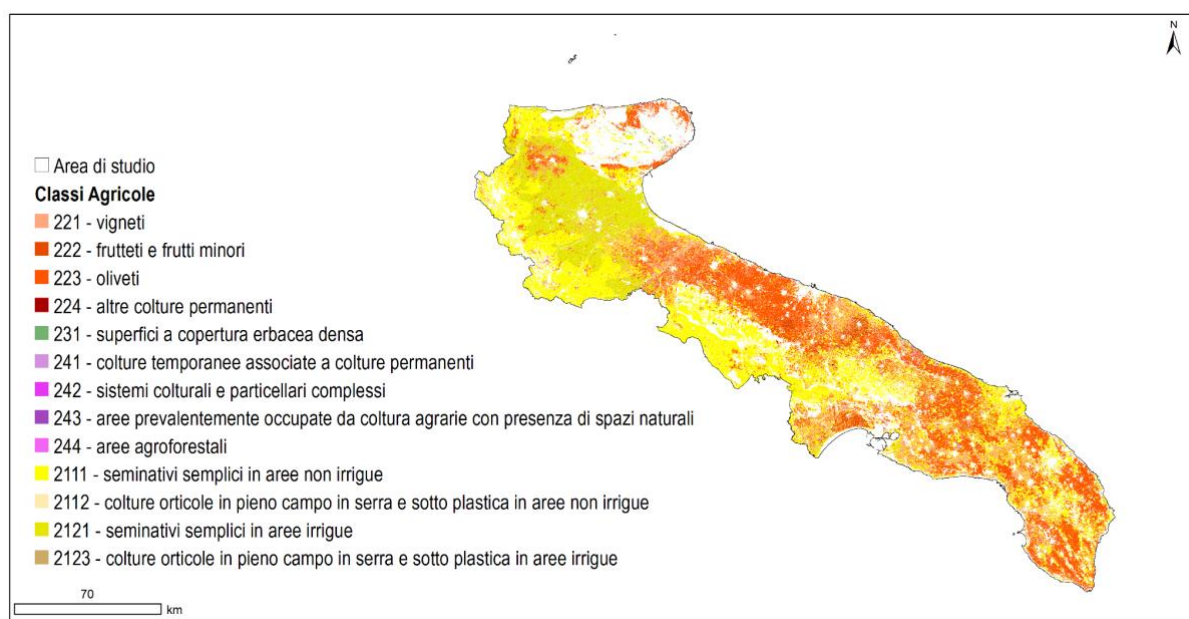


Figura 1 Rappresentazione dei dati vettoriali di Uso del Suolo.

Tabella 1 Superfici agricole a livello regionale.

Categorie agricole carta CTUS	Superficie occupata	
	km ²	%
221 - Vigneti	1.283,9	9,32
222 - Frutteti e frutti minori	557,7	4,05
223 - Oliveti	4.125,6	29,96
224 - Altre colture permanenti	4,2	0,03
231 - Superfici a copertura erbacea densa	26,2	0,19
241 -Colture temporanee associate a colture permanenti	138,4	1,01
242 -Sistemi colturali e particellari complessi	24,7	0,18
243 -Aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali	8,8	0,06
244 - Aree agroforestali	1,1	0,01
2111- Seminativi semplici in aree non irrigue	5.424,9	39,40
2112 -Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	11,4	0,08
2121 - Seminativi semplici in aree irrigue	2.153,7	15,64
2123 - Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	8,6	0,06
TOTALE	13.769,2	100,00

La rappresentazione cartografica delle aree a rischio inondazioni (P1, P2, P3) a livello regionale, di ambiti e di figure territoriali è riportata in figura 2.

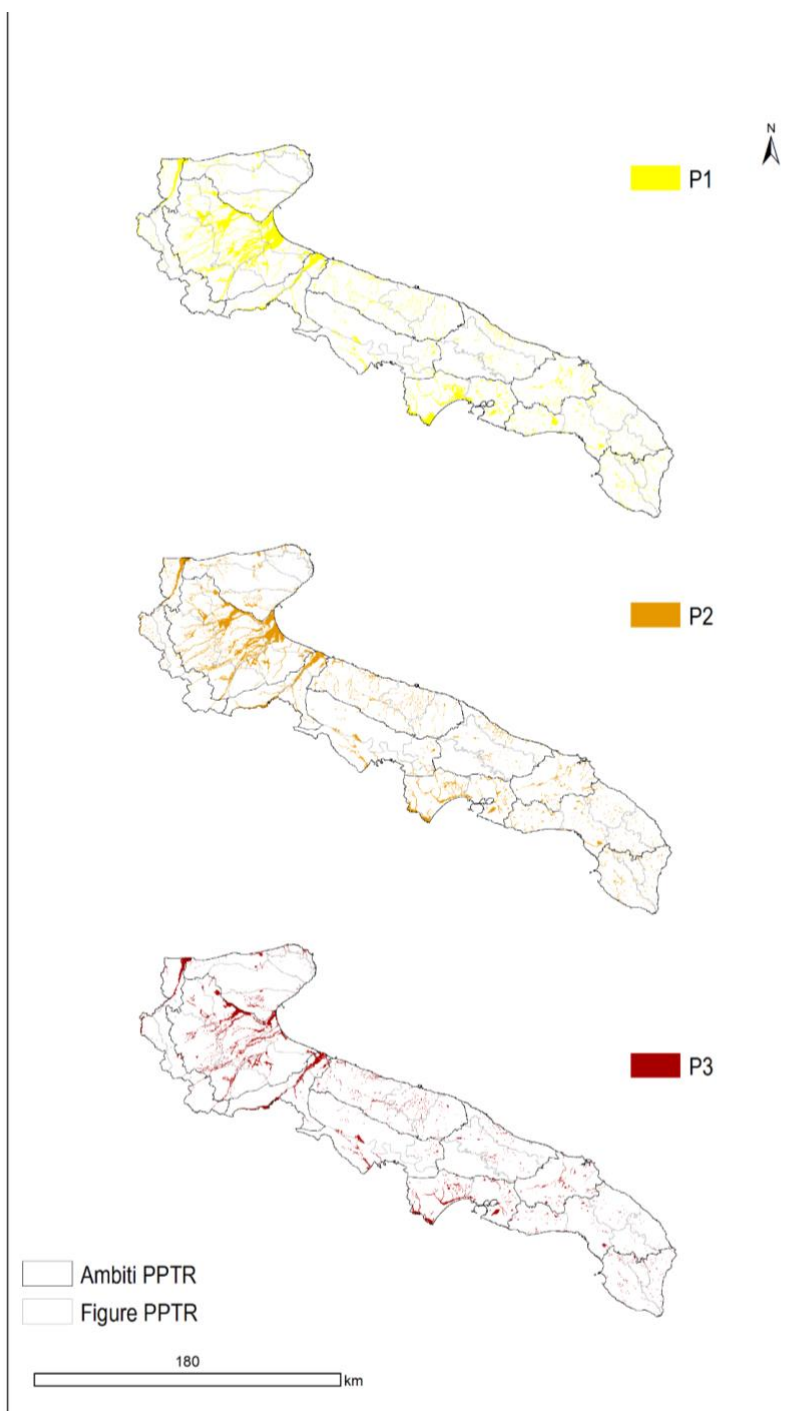


Figura 2. Rappresentazione dei dati vettoriali ISPRA 2020 sulle aree a rischio inondazione (P1, P2, P3).

Secondo i dati ISPRA (2020), estratti solo per i suoli agricoli i dati mostrano che circa il 77% delle aree a rischio inondazione relative a ciascuna classe di pericolosità (P1, P2, P3) sono costituite da aree agricole (tab.2). In particolare, la superficie interessata da eventi alluvionali

con tempi di ritorno brevi (20-50 anni) arrivano a coprire circa 1.600 km², di cui 1.240 km² sono terreni agricoli. Di converso, gli eventi alluvionali con tempi di ritorno più ampi (200 anni) interessano una superficie di circa 800 km².

Tabella 2. Aree interessate da pericolosità idraulica a livello regionale. Fonte dei dati: ISPRA 2020.

<i>Livelli di pericolosità</i>	<i>Superficie nel territorio regionale (km²)</i>	<i>Superficie agricola a rischio nel territorio regionale (km²)</i>	<i>Percentuale delle aree a pericolosità idraulica che risultano a uso agricolo</i>
P1	1.602,3	1.237,2	77,2
P2	1.362,2	1.049,3	77,02
P3	794,3	608,5	76,6

L'osservazione dell'esposizione delle aree agricole al rischio idraulico è stata portata avanti considerando gli 11 ambiti e le 39 figure territoriali definite dal Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR).

Per quanto riguarda i suoli agricoli negli 11 ambiti del PPTR (tab. 3), il territorio pugliese è rappresentato: per il 18% dai paesaggi del Tavoliere, che si estendono su circa 3.500 km² nel settore settentrionale della regione e sono dominati prevalentemente da seminativi intensivi in aree irrigue (2121) e non irrigue (2111); per l'11% dal Tavoliere Salentino, ubicato nel settore meridionale con un'estensione di circa 2.200 km² e dominato dalla coltura dell'olivo (223) e dei seminativi intensivi in aree non irrigue (2111); per un 11% dalla Puglia centrale che per circa 2.100 km² in cui prevalgono gli uliveti.

Nella quasi totalità degli ambiti la copertura del suolo maggiormente esposta è rappresentata dai seminativi semplici in aree non irrigue. Fanno eccezione la Puglia centrale, Ofanto e il Tavoliere in cui le colture più esposte sono, rispettivamente, uliveti, sistemi colturali e particellari complessi, seminativi semplici in aree irrigue.

Tabella 3. Aree agricole (km²) e aree agricole a pericolosità idraulica (km² e %) a livello di ambiti PPTR

<i>Ambiti PPTR</i>	<i>Superficie agricola (km²)</i>	<i>Superficie agricola a pericolosità idraulica (km²)</i>	<i>Superficie agricola a pericolosità idraulica (%)</i>	<i>Classi agricole prevalenti e relativa percentuale</i>
Alta Murgia	1.331,4	137,3	10,3	2111 (85%)
Arco Jonico Tarantino	866,4	298,2	34,4	2111 (39%), 221 (24%)
Gargano	612,9	125,4	20,5	2111 (49%), 223 (36%)
La campagna brindisina	895,6	108,2	12,1	223 (42%), 2111 (39%)
La Puglia centrale	1.732,9	197,3	11,4	223 (57%)
Monti Dauni	840,6	140,9	16,8	2111 (78%)
Murgia dei Trulli	1.190,9	81,7	6,9	2111 (47%), 223 (41%)
Ofanto	787,2	265,4	33,7	2111 (38%)
Salento delle Serre	805,8	90,3	11,2	223 (63%), 2111 (32%)
Tavoliere	3.085,4	1301,0	42,2	2121 (58%), 2111 (23%)
Tavoliere Salentino	1.616,7	147,2	9,1	223 (49%), 2111 (36%)

La distribuzione delle aree a pericolosità idraulica presenta un certo grado di concentrazione nel settore settentrionale della regione, in corrispondenza del Tavoliere, di Ofanto e dell'Arco Jonico (Fig.3). In questi tre ambiti si riscontrano alti livelli di esposizione alla pericolosità nelle aree agricole (tab.3). Nel caso del Tavoliere, più del 40% del territorio coltivato è a rischio, soprattutto seminativi in aree irrigue. Nel caso dell'Arco Jonico Tarantino e di Ofanto, circa un terzo potrebbe subire inondazioni, in entrambi i casi, i suoli coltivati più esposti sono i seminativi non irrigui.

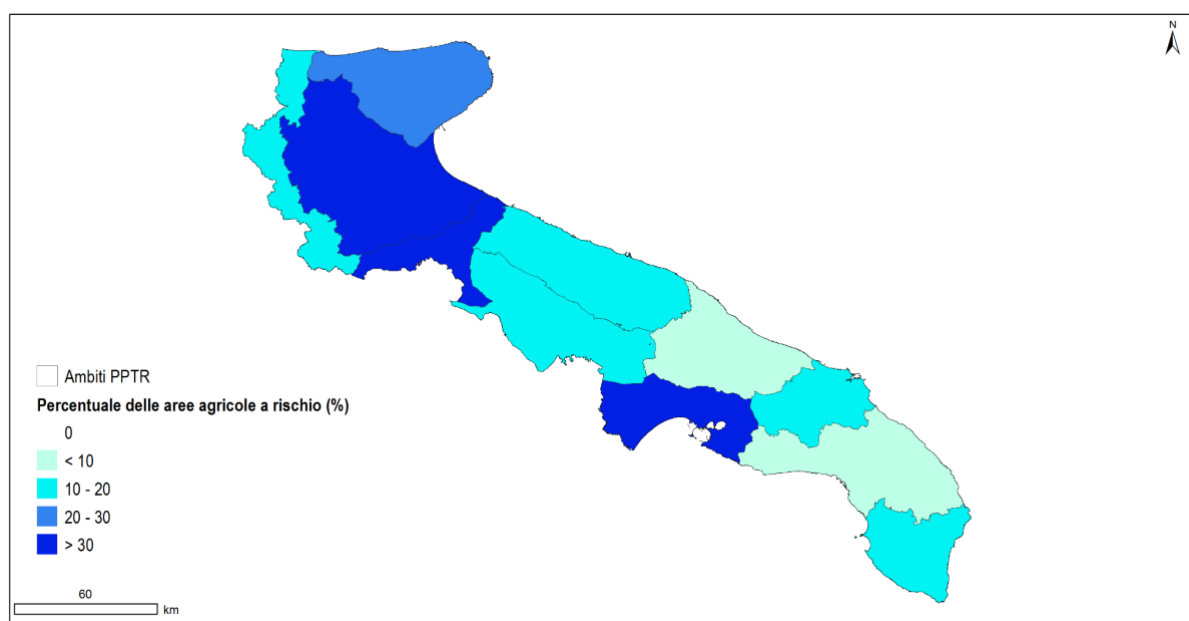


Figura 3. Percentuale di aree agricole esposte a pericolosità negli 11 ambiti del PPTR pugliese.

Per quanto riguarda le percentuali di territorio agricolo (tab. 4) esposte ai diversi livelli di rischio alto-medio-bassa, Ofanto si distacca per avere la percentuale più elevata (28%) di territorio agricolo in zone ad alta pericolosità (P3), di converso, il Tavoliere Salentino è quello in cui tale percentuale è più bassa (14%). La pericolosità media (P2) si assesta su porzioni di territorio che oscillano tra intorno tra 32 e 38% in tutti gli ambiti. Per quanto riguarda la bassa pericolosità (P1) il Tavoliere Salentino è l'ambito in cui circa la metà dei suoli agricoli è esposta a bassi di esposizione al rischio.

Tabella 4. Pericolosità idraulica nelle aree agricole degli 11 ambiti del PPTR pugliese.

Ambiti PPTR	Superficie agricola (km ²)	Superficie Agricola a rischio (km ²)	Incidenza della superficie agricola (%) a		
			pericolosità bassa (P1)	pericolosità media (P2)	pericolosità alta (P3)
Alta Murgia	1.331,4	137,3	25,0	36,2	38,8
Arco Ionico Tarantino	866,4	298,2	23,6	32,2	44,1
Gargano	612,9	125,4	23,3	37,1	39,6
La campagna brindisina	895,6	108,2	22,6	36,1	41,3
La Puglia centrale	1.732,9	197,3	23,9	36,1	40,0
Monti Dauni	840,6	140,9	25,3	36,2	38,5
Murgia dei trulli	1.190,9	81,7	20,0	36,1	43,9
Ofanto	787,2	265,4	28,1	34,5	37,4
Salento delle Serre	805,8	90,3	17,6	35,9	46,5
Tavoliere	3.085,4	1.301,0	18,4	37,5	44,1
Tavoliere Salentino	1.616,8	147,2	14,0	35,2	50,7

Per quanto riguarda l'analisi condotta a livello di figure territoriali, la piana foggiana della riforma risulta essere quella con maggior superficie agricola in zone P1, P2, P3 (tab.5).

Tabella 5. Rischio idraulico nelle aree agricole delle figure territoriali del PPTR

Figure territoriali	Superficie agricola (km ²)	Superficie agricola a rischio (km ²)	Incidenza della superficie agricola (%)		
			pericolosità bassa (P1)	pericolosità media (P2)	pericolosità alta (P3)
Bosco Belvedere	141,7	22,0	42,6	35,9	21,5
I boschi di fragno	239,7	5,3	46,5	39,7	13,8
I laghi di Lesina e Varano	191,5	53,6	40,6	38,4	21,0
Il mosaico di Cerignola	447,1	116,3	44,9	37,5	17,6
Il mosaico di San Severo	299,8	60,2	50,8	33,6	15,6
Il paesaggio costiero profondo	247,7	10,4	51,6	36,6	11,8
Il paesaggio delle gravine	521,7	208,2	46,0	30,9	23,1
Il sud-est barese e il paesaggio del frutteto	458,3	25,5	43,9	35,8	20,3
L'altopiano carsico	145,4	11,0	42,2	39,9	17,9
L'altopiano di Manfredonia	193,6	40,6	38,8	35,4	25,9
L'Altopiano murgiano	554,2	43,1	37,1	34,8	28,1
L'anfiteatro e la piana tarantina	344,7	90,0	39,8	35,4	24,8
La bassa valle del Fortore	305,6	123,1	38,1	35,7	26,3
La bassa valle dell'Ofanto	195,6	169,2	37,6	33,6	28,7
La campagna a mosaico	212,8	16,4	56,5	36,4	7,2
La campagna brindisina	895,7	108,2	41,3	36,1	22,6
La campagna leccese	338,7	22,6	50,9	36,3	12,8
La conca di Bari e il sistema radiale delle lame	286,3	50,0	38,4	34,5	27,1
La costa del Gargano	59,5	18,5	36,4	35,1	28,5
La foresta umbra	22,8	1,6	43,7	42,8	13,5



<i>Figure territoriali</i>	<i>Superficie agricola (km²)</i>	<i>Superficie agricola a rischio (km²)</i>	<i>Incidenza della superficie agricola (%)</i>		
			<i>pericolosità bassa (P1)</i>	<i>pericolosità media (P2)</i>	<i>pericolosità alta (P3)</i>
La fossa bradanica	562,5	76,1	38,6	36,9	24,5
La media valle del Fortore	115,4	3,5	46,2	44,1	9,8
La media valle dell'Ofanto	306,3	55,9	37,5	36,7	25,8
La piana degli ulivi secolari	363,3	41,2	45,0	38,0	17,0
La piana foggiana della riforma	931,2	658,8	42,5	37,0	20,5
La piana olivicola del nord barese	988,4	121,7	39,9	36,8	23,4
La sella di Gioia del Colle	215,2	18,2	43,8	36,7	19,5
La Terra dell'Arneo	451,9	48,0	46,6	38,6	14,8
La valle del Locone	285,3	40,3	36,2	35,1	28,6
Le isole Tremiti	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Le marane di Ascoli Satriano	227,6	6,8	43,8	40,5	15,8
Le Murge tarantine	361,5	49,7	52,5	30,8	16,6
Le saline di Margherita di Savoia	204,4	238,3	46,8	38,7	14,5
Le serre ioniche	414,5	42,6	49,3	36,6	14,1
Le serre orientali	253,7	25,8	45,2	35,0	19,8
Lucera e le serre dei Monti Dauni	975,4	220,5	43,4	38,7	17,9
Monti Dauni meridionali	245,8	4,6	45,2	41,1	13,6
Monti Dauni settentrionali	173,7	9,7	38,0	37,9	24,0
Valle d'Itria	587,6	35,3	42,2	33,4	24,4

4 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dal calcolo dell'indicatore e le cartografie prodotte mostrano un territorio agricolo con una pericolosità idraulica tale da richiedere interventi mirati per salvaguardare l'economia agricola. Tali interventi potrebbero riguardare ad esempio la realizzazione di infrastrutture ecologiche quali ad esempio, le fasce tampone, i filari tra e nei campi e la vegetazione ripariale potrebbe svolgere una funzione di mitigazione di questi eventi così come indicato nel Rapporto *"Green infrastructure and flood management — promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions"* dell'Agenzia Europea per l'ambiente (EEA, 2017). Tale rapporto infatti sottolinea la necessità di ripristinare le pianure alluvionali e le zone umide per migliorare e potenziare la prevenzione delle inondazioni. Le infrastrutture verdi sono definite dalla Commissione Europea (COM (2013) 249 final) come *"una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le Infrastrutture Verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano"*. Potenziare le infrastrutture verdi nelle aree agricole della regione a pericolosità idraulica potrebbe contribuire a proteggere l'agricoltura e garantire la sicurezza alimentare. La sicurezza alimentare difatti è tra i temi centrali dell'Agenda 2030 dello sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals SDGs) e della Strategia *Farm to Fork*.

Il contributo apportato dalle infrastrutture verdi alla mitigazione del rischio alluvione è tra l'altro sottolineato anche da una ricerca condotta dall'UE (European Commission, 2021) che evidenzia come l'adozione di buone pratiche agricole e le soluzioni basate sulla natura (*Nature-based Solutions*), quali ad esempio, la piantumazione di siepi e la gestione delle aree umide possono contribuire a migliorare la ritenzione idrica naturale ed a ridurre il rischio di inondazioni nelle aree di pianura. Tra le pratiche agricole sostenibili rientrano anche la non lavorazione del terreno (*no tillage*), la minima lavorazione del terreno (*minimum tillage*) oppure il sostegno all'agro forestazione. L'adozione di queste buone pratiche, nel contesto regionale potrebbe apportare, diversi benefici come la riduzione del rischio di siccità, il miglioramento della ritenzione idrica, la prevenzione/riduzione dell'inquinamento delle acque, l'aumento della biodiversità e della capacità di sequestro di carbonio del suolo contribuendo ad raggiungimento di alcuni degli obiettivi comunitari quali la Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque – DQA), la Direttiva 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni o *Floods Directive* – FD) la Strategia Europea per la Biodiversità ed il Green Deal europeo. Le risorse finanziarie per la realizzazione di alcuni di questi interventi potrebbero provenire dalla Politica Agricola Comune 2023-2027. Ad esempio, attraverso gli Interventi Agro-Climatico Ambientali (ACA) possono essere finanziati azioni per la realizzazione delle infrastrutture verdi (ACA 11 - Gestione attiva infrastrutture ecologiche) che prevede ad esempio la realizzazione di fasce tampone, siepi o filari, fasce inerbite, boschetti naturalistici. La PAC inoltre promuove il *carbon farming* che comprende un insieme di pratiche di gestione agricola volte a mitigare il cambiamento climatico, tra cui la ridotta lavorazione del terreno (*reduced tillage*) e/o la non lavorazione dei terreni (*no tillage*) con l'obiettivo di favorire l'assorbimento di carbonio nel suolo. Tali

interventi contribuiscono altresì al mantenimento della funzionalità del suolo e quindi anche riguardo alla capacità di favorire la ritenzione idrica.

In conclusione, i risultati ottenuti dal calcolo dell'indicatore hanno consentito di migliorare le conoscenze della pericolosità idraulica nelle aree agricole della regione. Tali risultati inoltre potrebbero essere di supporto a tecnici e decisori pubblici (Regione, Autorità di bacino, Consorzi di bonifica ecc.) nella fase di aggiornamento degli strumenti di pianificazione territoriale vigenti quali ad esempio il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della regione e del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) elaborato dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino meridionale.



Riferimenti bibliografici

- Brown, J.D., Damery, S.L., 2002. Managing flood risk in the UK: towards an integration of social and technical perspectives. *Trans. Instit. Br. Geogr.* 27, 412–426.
- Burke, M. and Emerick, K. 2016: Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture, *Am. Econ. J-Econ. Polic.*, 8(3):520 106–40.
- CREA (2023)., L'agricoltura pugliese conta. Rapporto congiunturale.
- Dige, G.; Eichler, L.; Vermeulen, J.; Ferreira, A.; Rademaekers, K.; Adriaenssens, V.; Kolaszewska, D. (2017) Green Infrastructure and Flood Management: Promoting Cost-Efficient Flood Risk Reduction via Green Infrastructure Solutions; European Environment Agency (EEA) Report: Copenhagen K, Denmark, ISSN 1977-8449.
- European Commission, Directorate-General for Environment, *Strengthening the synergies between agriculture and flood risk management in the European Union –*, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/128153>.
- EEA, 2017. Green Infrastructure and Flood Management Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions. Report No 14/2017, ISBN 978-92-9213-894-3, doi:10.2800/32428
- FAO, 2021. The Impact of Disasters and Crises on Agriculture and Food Security (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations) p 14.
- Freire, P., Rodrigues, M., Fortunato, A. B., and Freitas, A.: Flood and drought risk assessment for agricultural areas (Tagus Estuary, Portugal), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 21, 2503–2521, <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2503-2021>, 2021.
- Reynard, N.S., Prudhomme, C., Crooks, S.M., 2001. The flood characteristics of large UK rivers: potential effects of changing climate and land use. *Climate Change* 48, 343–359.
- Schmidhuber, J.; Tubiello, F.N. Global food security under climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2007, 104, 19703–19708.
- Tahmina Akter, Philippe Quevauviller, Steven J. Eisenreich, Guido Vaes, Impacts of climate and land use changes on flood risk management for the Schijn River, Belgium, *Environmental Science & Policy*, Volume 89, 2018, Pages 163-175, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.07.002>

Thornton, P., Dinesh, D., Cramer, L., Loboguerrero, A. M. and Campbell, B.: Agriculture in a changing climate: Keeping our cool in the face of the hothouse, *Outlook Agr.*, 47(4), 283–290, <https://doi.org/10.1177/0030727018815332>, 2018.

Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussettini M., Barbano A. (2021) Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021. ISPRA, Rapporti 356/2021.

Wang, X.; Liu, Z.; Chen, H. Investigating Flood Impact on Crop Production under a Comprehensive and Spatially Explicit Risk Evaluation Framework. *Agriculture* 2022, 12, 484. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040484>.

Wonsik K. et al 2023 *Environ. Res. Lett.* 18 054007.

Wübbelmann T, Förster K, Bouwer LM, Dworczyk C, Bender S and Burkhard B (2023) Urban flood regulating ecosystem services under climate change: how can Nature-based Solutions contribute? *Front. Water* 5:1081850. doi: 10.3389/frwa.2023.1081850