

2020

# 030 – Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale

PROF. ING.  
GABRIELE FRENI

[COMPANY NAME] | [Company address]

## Indice

<b>1</b>	<b><i>Premessa .....</i></b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><i>Sintesi dell'inquadramento morfologico e territoriale.....</i></b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b><i>Valutazione delle variabili climatiche e di consumo di suolo .....</i></b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b><i>Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo.....</i></b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b><i>Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici .....</i></b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b><i>Modifiche alle misure di piano .....</i></b>	<b>35</b>
6.1	Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico .....	35
6.2	Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico.....	35

## 1 Premessa

L'appendice alla relazione fornisce, per ciascun bacino o area territoriale omogenea, l'inquadramento morfologico utile alla valutazione del rischio di piene lampo attraverso l'applicazione della metodologia geomorfologica Arno (Brugioni et al., 2010)<sup>1</sup>. Per una più ampia discussione sulle caratteristiche morfologiche e sull'inquadramento geografico ed amministrativo del bacino, si rimanda alla relazione generale del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

In particolare, successivamente alla delimitazione di tutti i sottobacini con superficie superiore ai 2 kmq e, in generale, inferiore ai 15 kmq, si è proceduto alla valutazione degli indicatori morfologici utili alla stima del rischio di piene lampo: l'area del sottobacino ed il tempo di lag. E' stata quindi analizzata la variabile indice idrologica (il tempo di ritorno delle piogge intense di durata pari ad un'ora e volume pari a 50mm) che è stata considerata un'adeguata "proxy" della frequenza con cui si manifestano eventi meteorici brevi ed intensi che possono determinare piene lampo. Infine, come ulteriore fattore predisponente, si è adoperato il grado di consumo di suolo per ciascun sottobacino espresso come il rapporto tra l'area consumata e l'area totale. Questi ultimi due indicatori, essendo soggetti a variabilità nel tempo per variazioni climatiche o per intervento antropico, sono stati valutati nelle condizioni attuali e nello scenario di medio periodo al 2050. Per ciascun fattore sono state determinate 4 classi attribuendo un punteggio da 1 a 4 dove i valori più bassi rappresentano una condizione di minore suscettibilità al fenomeno delle piene lampo. E' stata poi effettuata una media aritmetica dei punteggi per ciascun bacino reputando che i fattori siano equipollenti nella determinazione del rischio di piene lampo.

Per i tratti fluviali caratterizzati da bacini drenati di maggiori dimensioni, si è proceduto ad una seconda analisi di valutazione dell'impatto del cambiamento climatico valutando il tempo di corrivazione (in analogia alla metodologia Arno) per il bacino drenato da ciascuna asta fluviale e assumendo come variabile di riferimento la variazione media areale (allo scenario 2050) delle altezze di pioggia di massima intensità annua e durata più prossima al tempo di corrivazione.

A seguito delle valutazioni analitiche, un apposito paragrafo evidenzia l'opportunità di integrare le misure previste dal piano con azioni specifiche volte alla mitigazione del rischio di piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico.

---

<sup>1</sup> M. Brugioni, B. Mazzanti and S. Franceschini (2010). How meaningful is flash flood risk mapping? - Arno River Basin Authority. WG F Thematic Workshop on Implementation of the Floods Directive 2007/60/EC "FLASH FLOODS AND PLUVIAL FLOODING", 26th – 28th May 2010, Cagliari, Italy.

## 2 Sintesi dell'inquadrimento morfologico e territoriale

Il bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale o Fiume Grande, si sviluppa nel versante settentrionale della Sicilia per una superficie complessiva di circa 342 Km<sup>2</sup>.

L'asta principale del Fiume Imera Settentrionale e la sua naturale prosecuzione verso monte, Torrente Fichera, suddividono, dal punto di vista morfologico, il bacino in due aree differenti. In destra orografica prevalgono le forme più aspre ed accidentate a causa della presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici, calcareo-marnosi e calcareo-dolomitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso delle Madonie Occidentali. Qui il paesaggio presenta rotture di pendenza marcate e forti variazioni altimetriche che dai 200 m del letto dell'Imera si spingono a circa 1900 m nelle vette più alte. Nella zona occidentale il quadro morfologico presenta caratteristiche diverse; in particolar modo nell'area in corrispondenza del sottobacino del Torrente Castellucci - Salito prevalgono affioramenti plastici, che danno luogo a forme dolci e poco acclivi. Più a valle spiccano, in posizione isolata, i rilievi carbonatici di Rocca di Sciarra (m 1080) e di Sclafani Bagni (m 755). Superata la confluenza tra il T. Salito e il F. Imera Settentrionale, l'aspetto morfologico si inverte: in destra idrografica si hanno versanti via via più dolci ed un reticolo idrografico complesso, mentre in sinistra si osservano maggiori pendenze nei versanti, un reticolo più semplice con numerosi torrenti ad andamento perpendicolare all'asta principale e sviluppo di sottobacini allungati in senso est-ovest. Nello stesso tratto, il fondovalle si allarga ed attraversa ampie aree alluvionali, testimonianze di periodi climatici molto differenti da quello attuale.

Il fiume Imera settentrionale può essere suddiviso in tre segmenti in base all'andamento delle pendenze medie. Nel primo, corrispondenti alla zona di monte (T. Fichera) e fino alla confluenza con il T. S. Nicola, le pendenze medie sono molto elevate; per la ripidità dell'alveo il corso d'acqua erode energicamente in profondità e lateralmente, dando origine ad un reticolo idrografico di tipo "dendritico" fitto e ramificato, con impluvi incassati. Litologicamente, l'area attraversata è costituita prevalentemente dalle Argille Varicolori, terreni facilmente erodibili, soggetti a frane superficiali e soliflusso, e da ampie aree calanchive nei versanti più acclivi (C.da Lavanche). Successivamente, dalla confluenza con il T. San Nicola, l'asta incontra, trasversalmente al suo corso, la struttura geologica di M. Cervi che rappresenta un evidente ostacolo e "soglia" morfostrutturale per il tratto precedente. Il secondo segmento termina in corrispondenza del brusco salto di pendenza posto intorno a quota 2000 metri s.l.m. circa. Qui il corso d'acqua scorre incassato tra i banconi arenaceo conglomeratici della Fm. Terravecchia affioranti a Costa Guggino e M. Riparato. Superato il tratto in forte pendenza relativa, la valle si allarga (terzo segmento), diminuisce la pendenza media, predominano i fenomeni di accumulo ed il fiume scorre su un materasso alluvionale di discreto spessore. Ai bordi della piana alluvionale sono osservabili terrazzi alluvionali e conoidi ben sviluppate, presenti allo sbocco dei V.ni Mondaletto e Garbinogara. In questo tratto dell'asta che giunge fino alla foce, il fiume è stato rettificato artificialmente e cementificato negli ultimi 900 metri del suo corso.

La Tavola 1 inquadra territorialmente il bacino e ne fornisce alcune caratteristiche salienti. La Tavola 2 fornisce il dato relativo all'altimetria sulla base del Modello Digitale delle Elevazioni recentemente predisposto dal Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali e avente risoluzione spaziale pari a 10 m.

Le successive Tavole 3, 4 e 5 definiscono le funzioni di:

- Lunghezza dei percorsi di drenaggio dalla displuviale alla foce
- Flow Accumulation ovvero la superficie del bacino drenato da ciascun elemento del reticolo idrografico delineato
- Le pendenze dei versanti

L'insieme di questi elementi morfologici ha consentito di individuare i sottobacini drenati da ciascuna porzione del reticolo idrografico ed aventi superficie inferiori ai 20 km<sup>2</sup>. Complessivamente sono stati individuati 95 sottobacini su cui si è proceduto, nel paragrafo successivo a stimare i fattori predisponenti al rischio di piene lampo catalogando i sottobacini in 4 classi di Suscettibilità.

## Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)

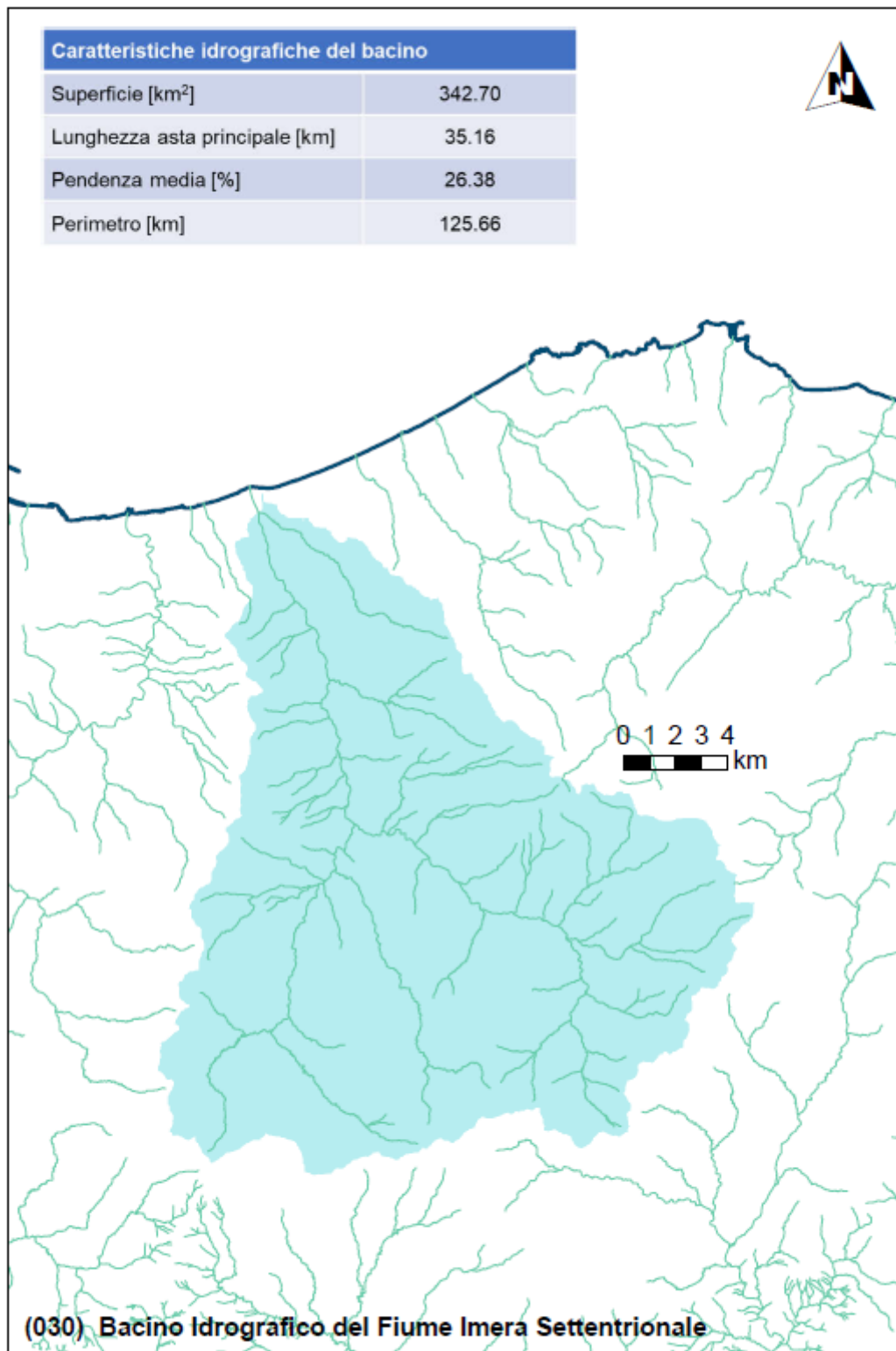


Figura 1 Inquadramento Territoriale del bacino

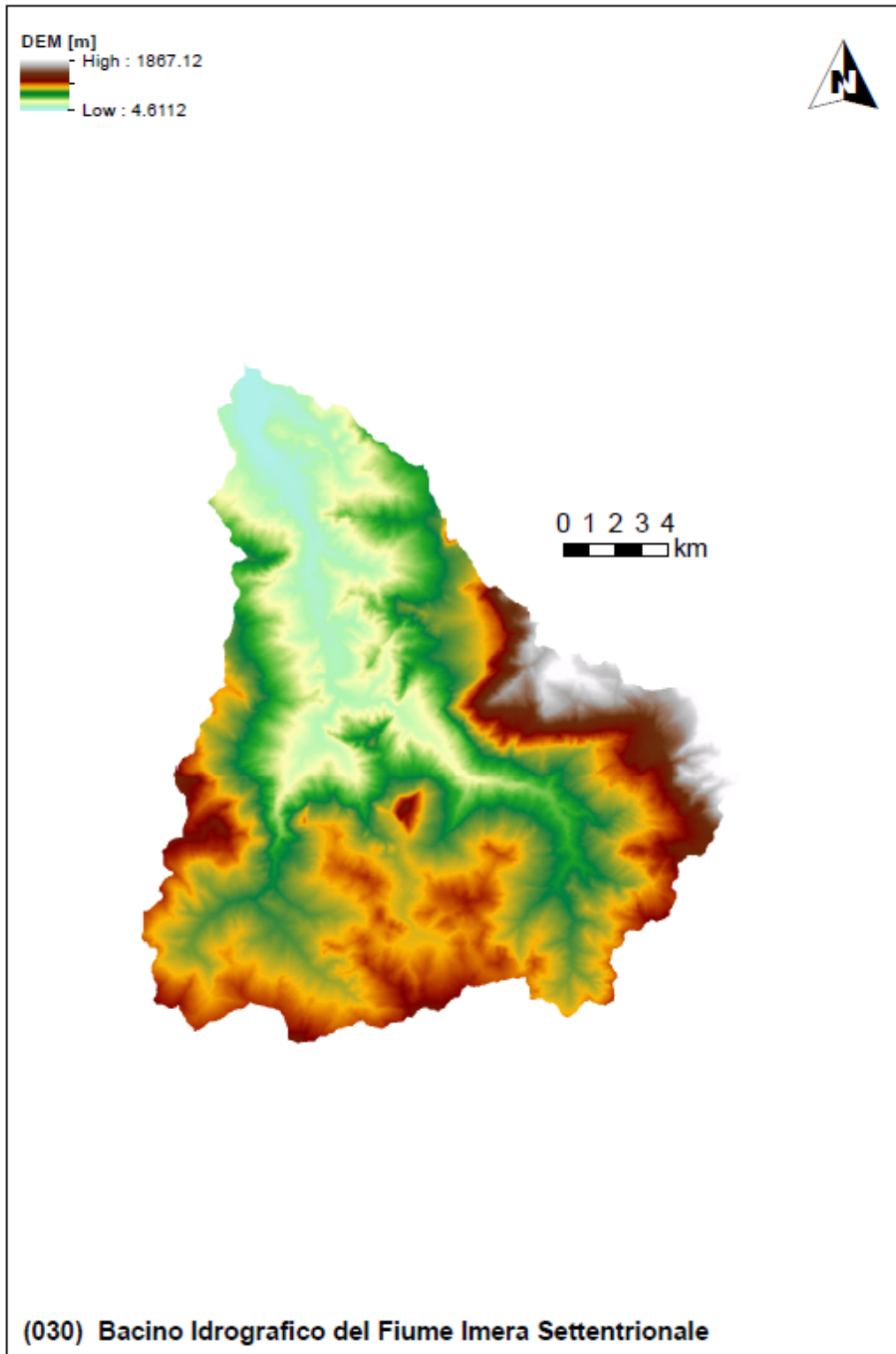


Figura 2 Modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

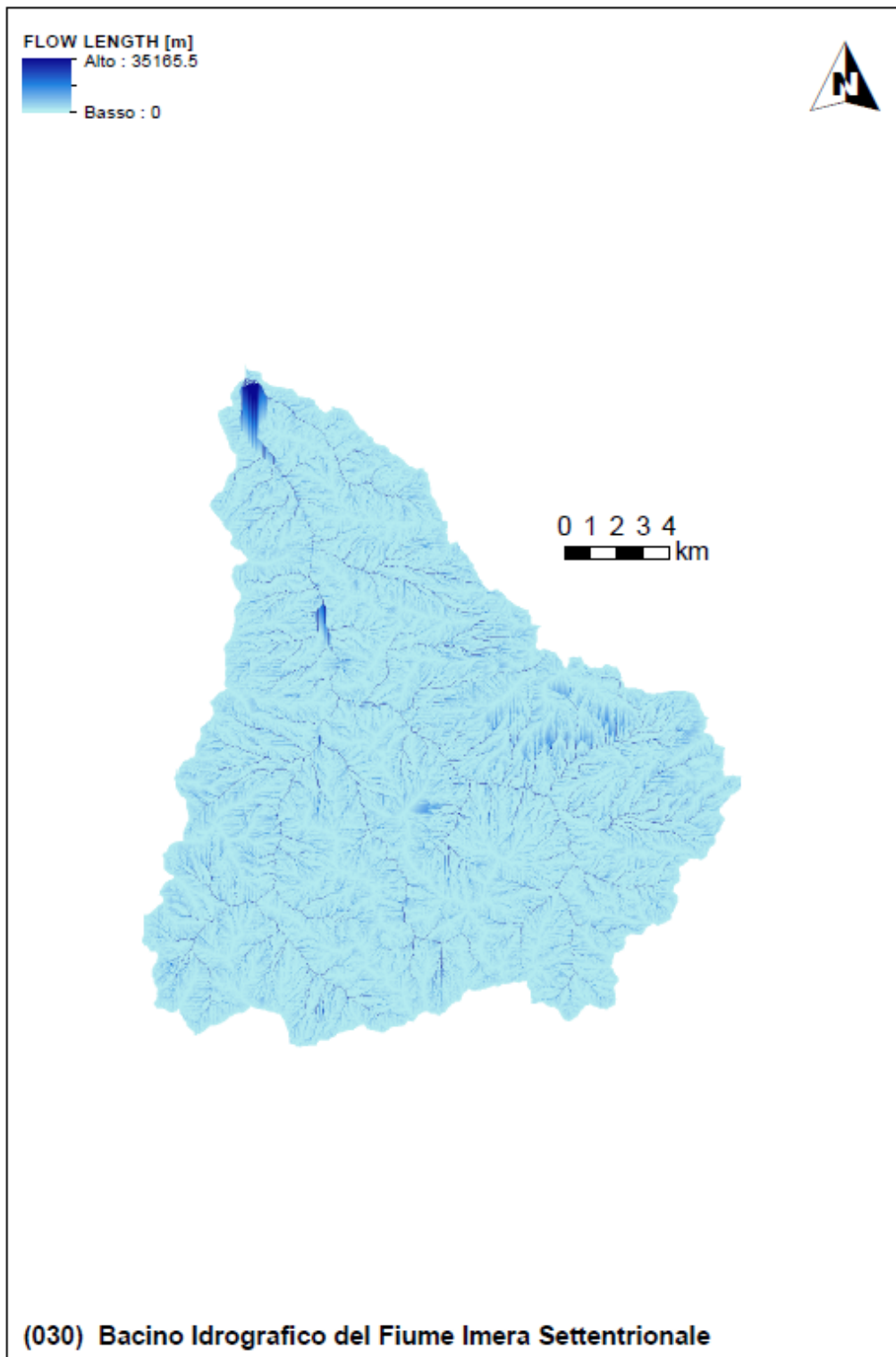


Figura 3 Lunghezze dei percorsi di drenaggio sulla base del modello digitale delle elevazioni



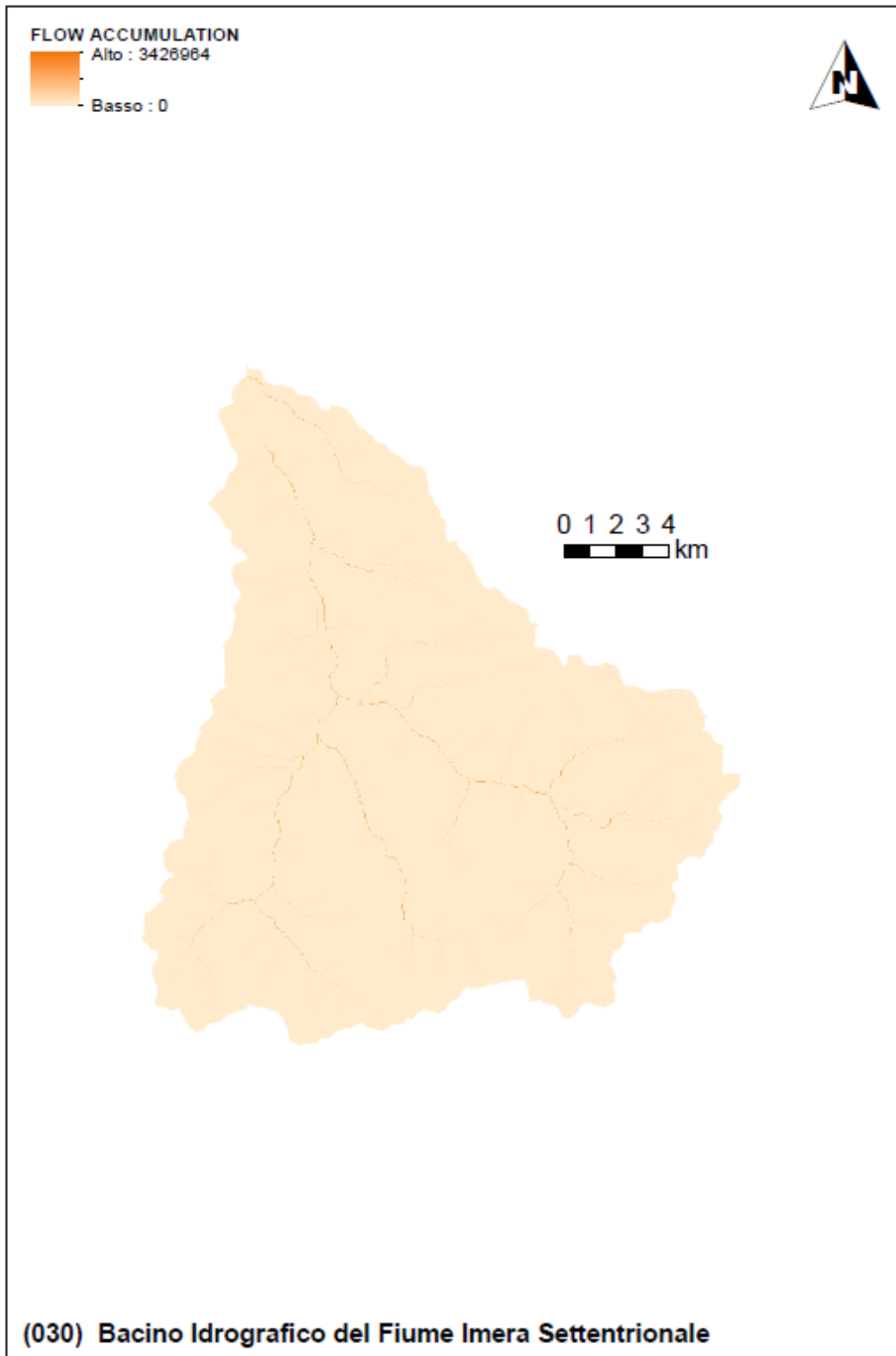


Figura 4 Funzione Flow Accumulation del bacino

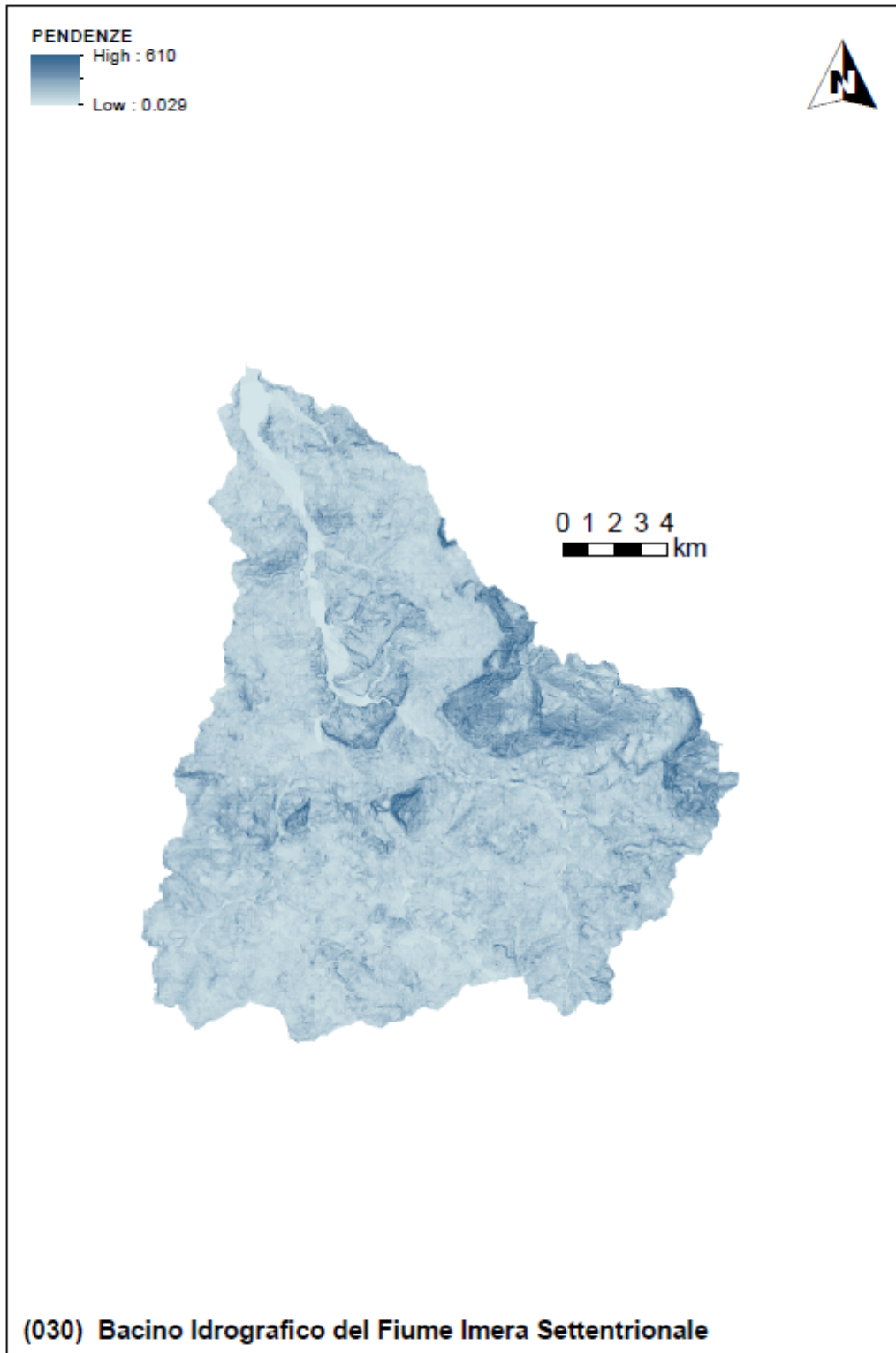
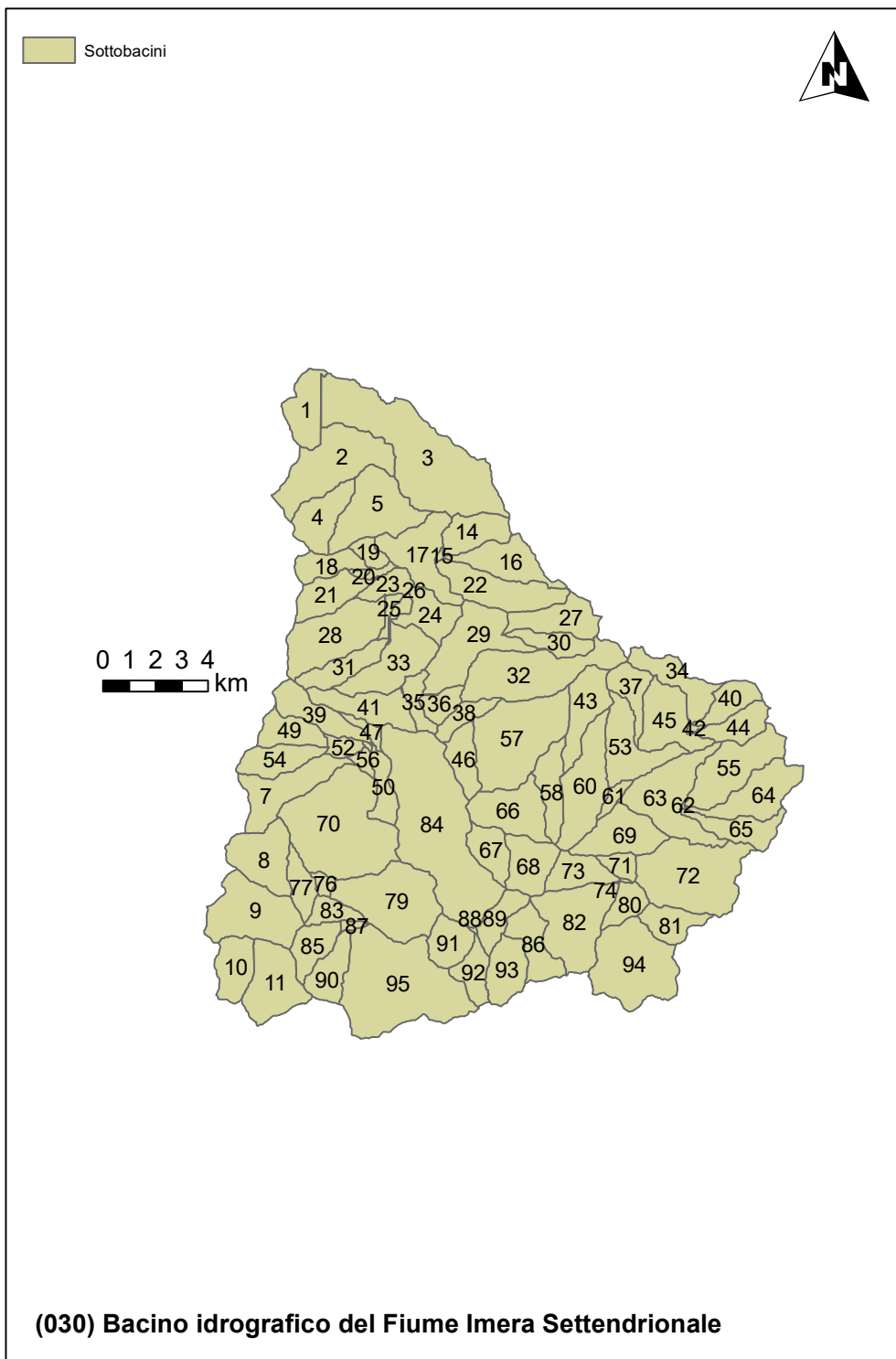


Figura 5 Carta delle pendenze [%] sulla base del modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

**Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)**



**Figura 6 Delimitazione dei sottobacini sulla base delle caratteristiche morfologiche e della densità di drenaggio**

### 3 Valutazione delle variabili climatiche e di consumo di suolo

Come ampiamente discusso nella relazione generale, l'analisi climatica è stata sviluppata in due fasi:

- L'analisi del trend sul tempo di ritorno della variabile indice (altezza di pioggia pari a 50 mm in un'ora) stimato attraverso l'applicazione della GEV a subset di dati di dimensioni progressivamente crescenti inglobando gli ultimi dati registrati disponibili;
- L'analisi del trend climatico sulle serie di piogge di massima intensità annuale e fissata durata.

La prima analisi è stata effettuata perché funzionale alla stima del rischio di piene lampo e dell'evoluzione di tale rischio nello scenario di cambiamento climatico di medio termine (2050).

I tempi di ritorno risultano bassi (in generale inferiori a 25 anni) incidendo negativamente sul rischio di piene lampo nel bacino. I dati manifestano anche significative variazioni nello scenario climatico di medio termine e ciò determina aggravamenti del quadro della suscettibilità del bacino alle piene improvvise.

La seconda analisi è stata effettuata perché funzionale alla stima dell'impatto climatico sulle altre piene che possono interessare il reticolo idrografico (per bacini superiori a 2 km<sup>2</sup>).

I trend riscontrati nei dati risultano sostanzialmente sempre significativi (con livello di significatività pari a 0.05); fanno eccezione solo alcune aree montane per le durate più alte. Il trend è sempre positivo e, in talune aree del versante destro del bacino, anche in modo assai rilevante.

L'analisi climatica finalizzata alla valutazione del rischio di piene lampo è stata anche integrata con la valutazione del consumo di suolo ad oggi (dati 2019) e, sulla base della tendenza media del periodo 2006 – 2019, allo scenario di medio termine (2050). La tendenza media del periodo 2012 – 2019 è stata proiettata al fine di valutare l'area che, bacino per bacino, presumibilmente sarà consumata al 2050.

I dati mostrano un consumo di suolo poco significativo e, in nessun caso, superiore al 10%. Ovviamente i sottobacini montani evidenziano valori assai modesti e legati alla natura montuosa e sostanzialmente rurale delle aree considerate.

Il trend di consumo del suolo mostra sempre un andamento positivo o stabile con valori di crescita assai modesti. Lo scenario al 2050 mostra una crescita massima inferiore all'1% rispetto al 2020.

Le seguenti tavole riportano i risultati delle elaborazioni sul bacino che saranno poi utilizzate per le successive valutazioni.

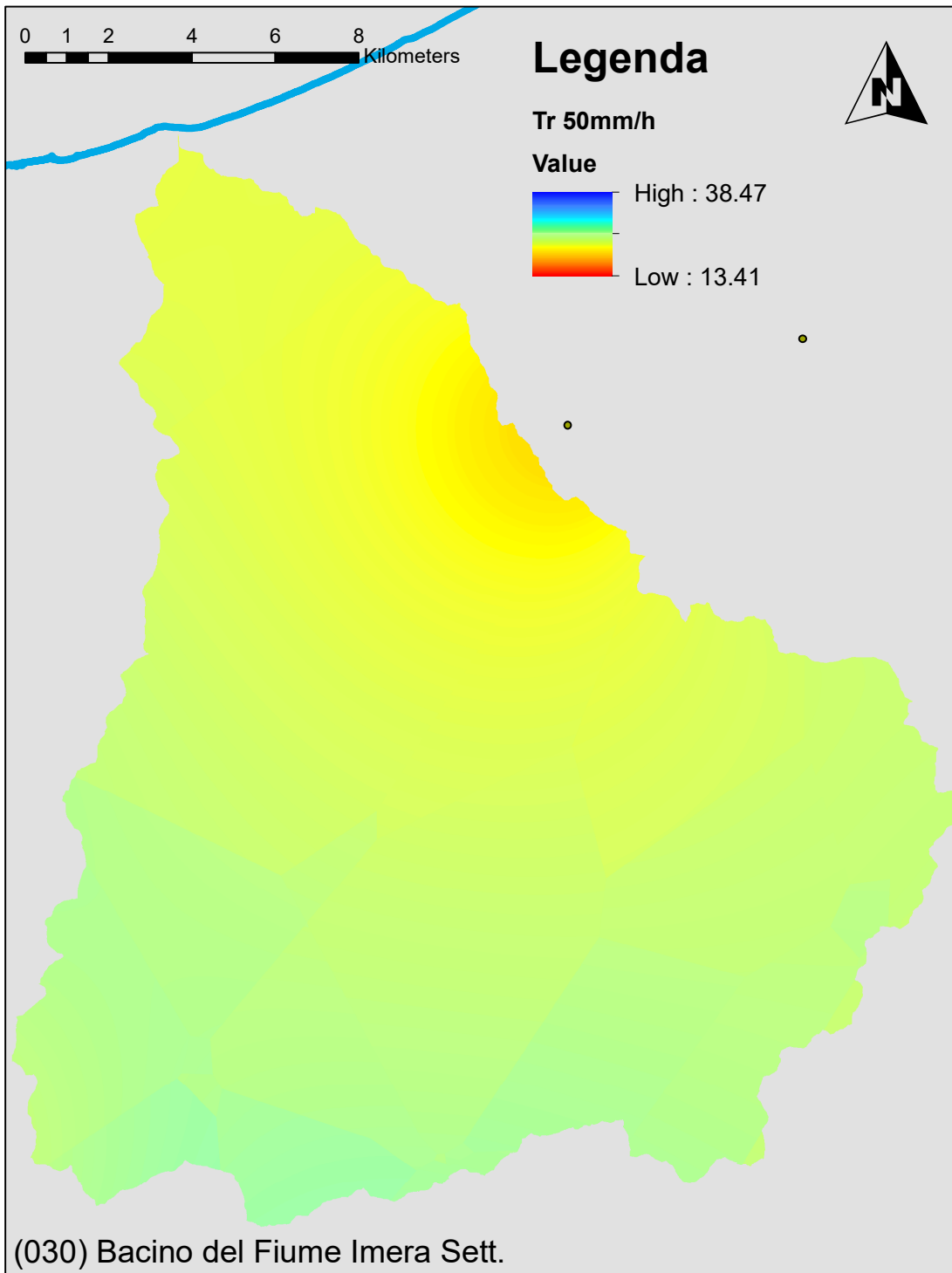


Figura 7 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario attuale (anni)

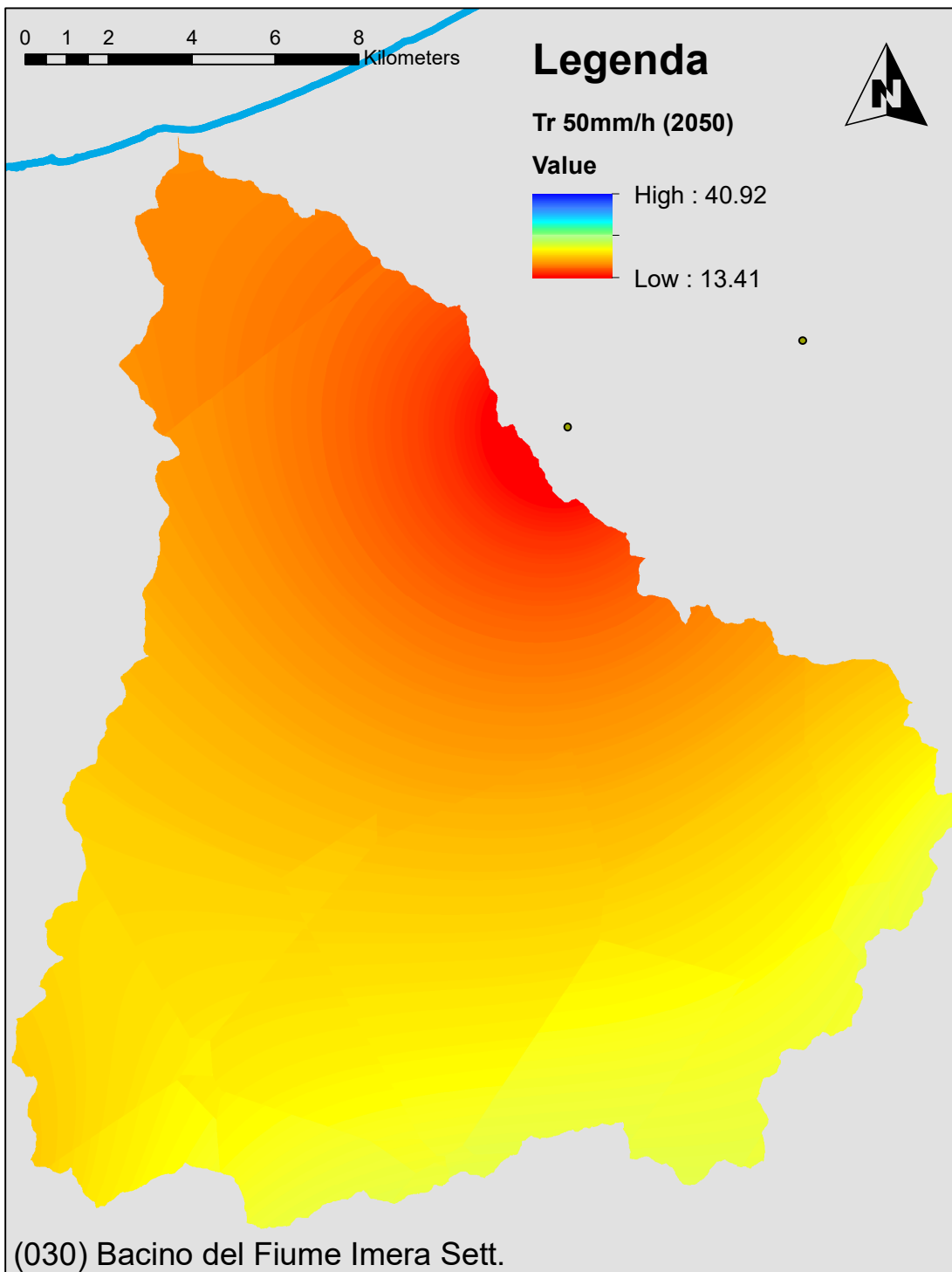


Figura 8 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario di medio termine al 2050 (anni)

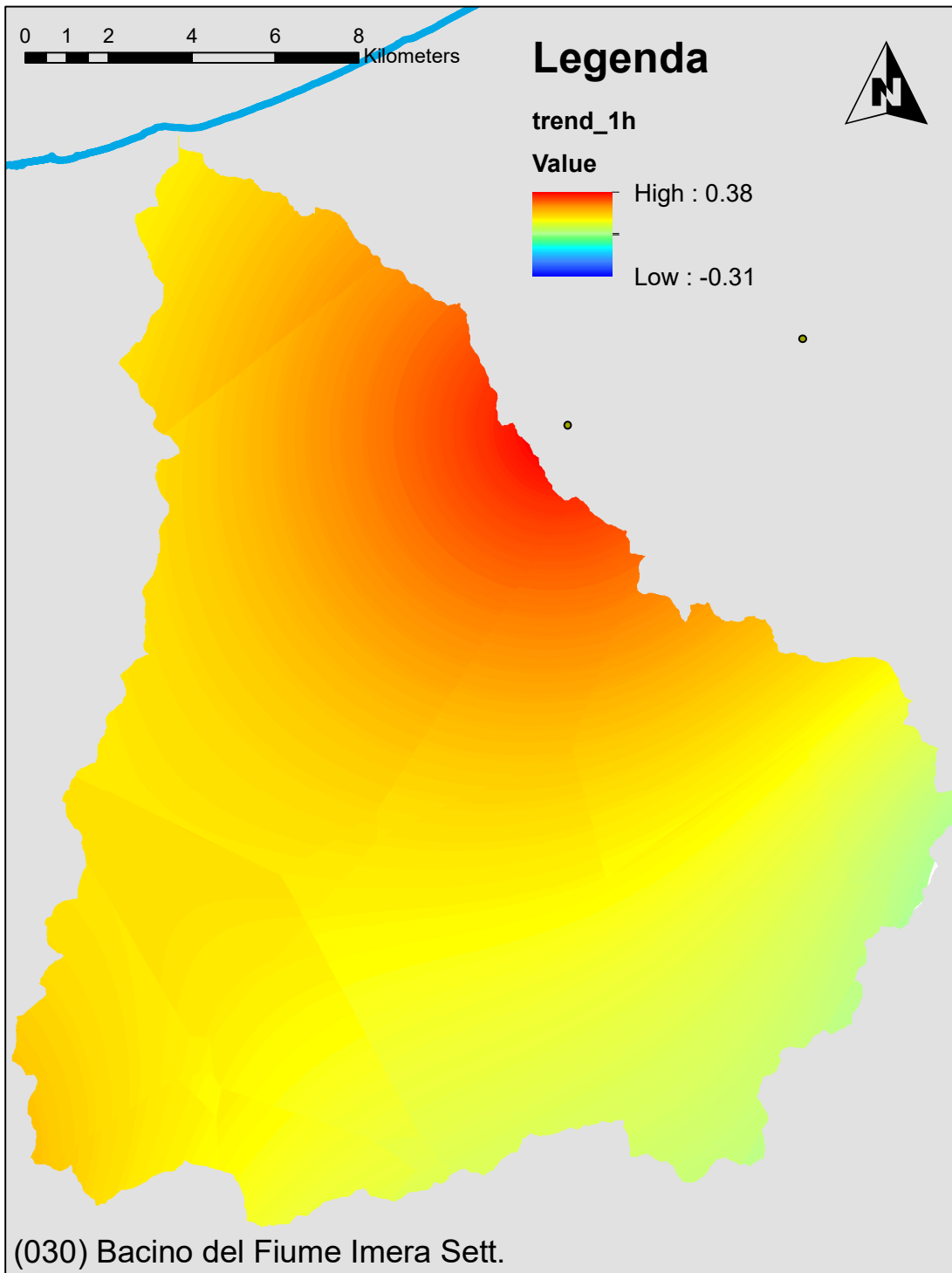


Figura 9 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 1 h (mm/anno)

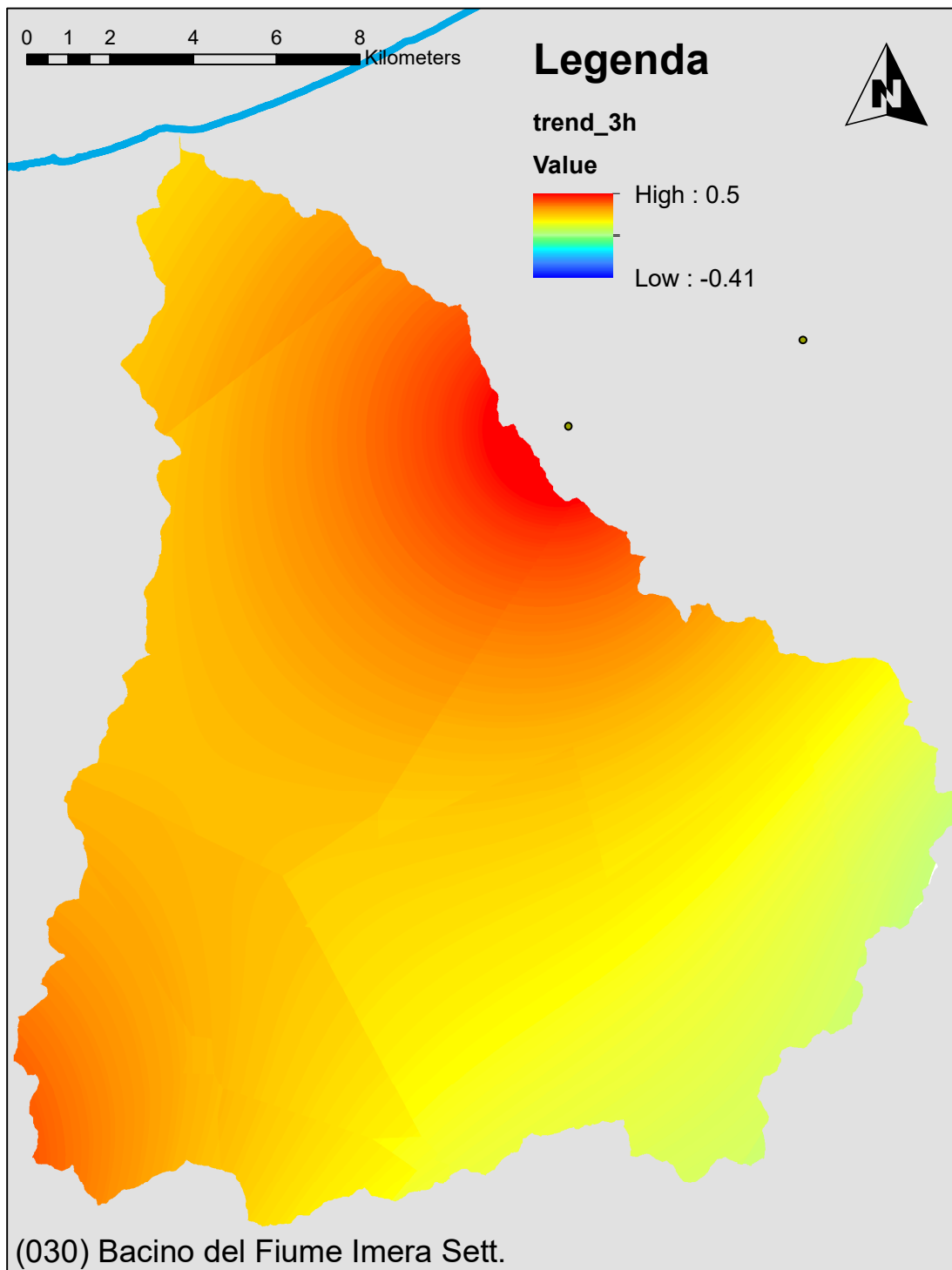


Figura 10 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 3 h (mm/anno)



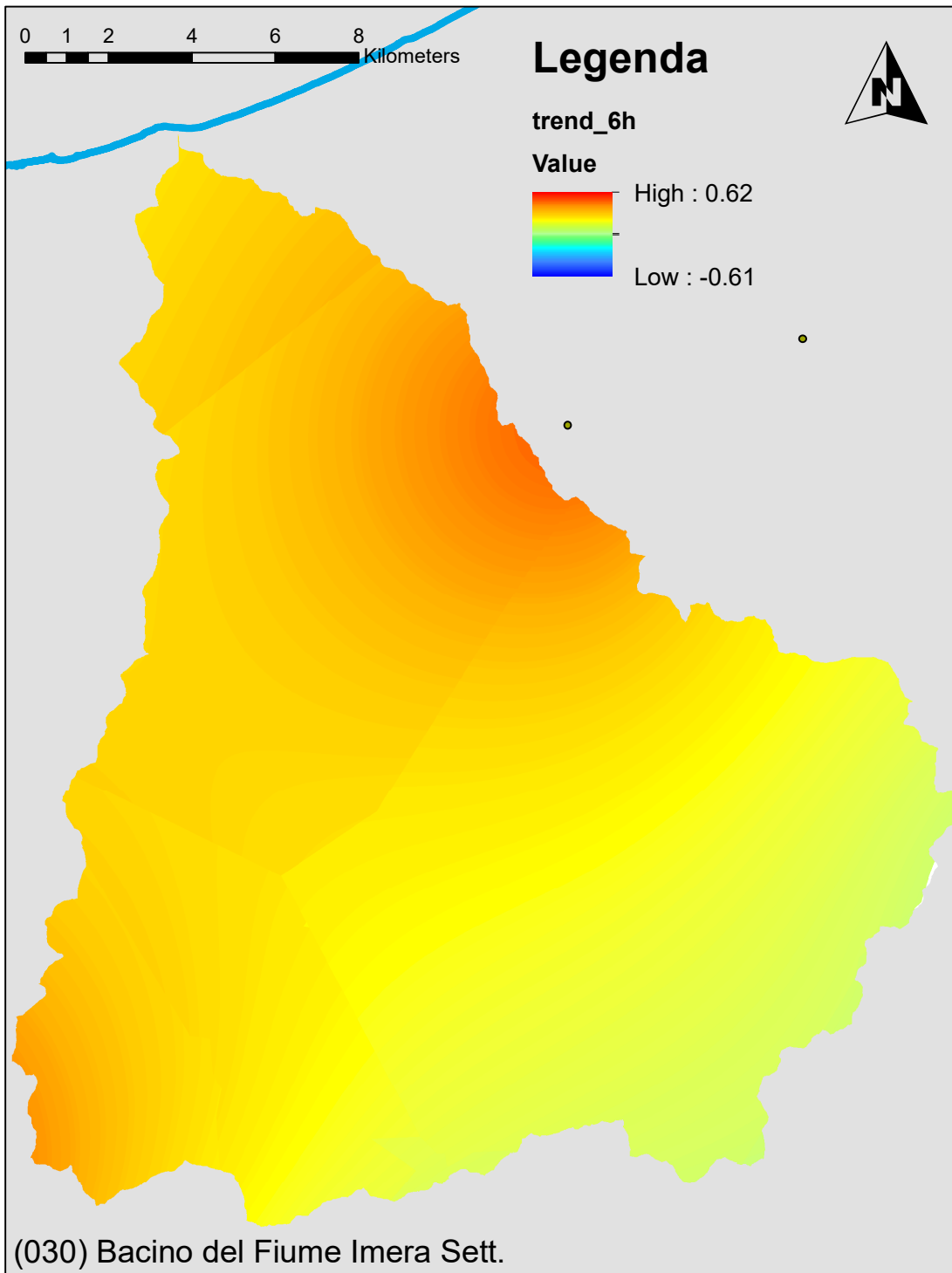


Figura 11 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 6 h (mm/anno)

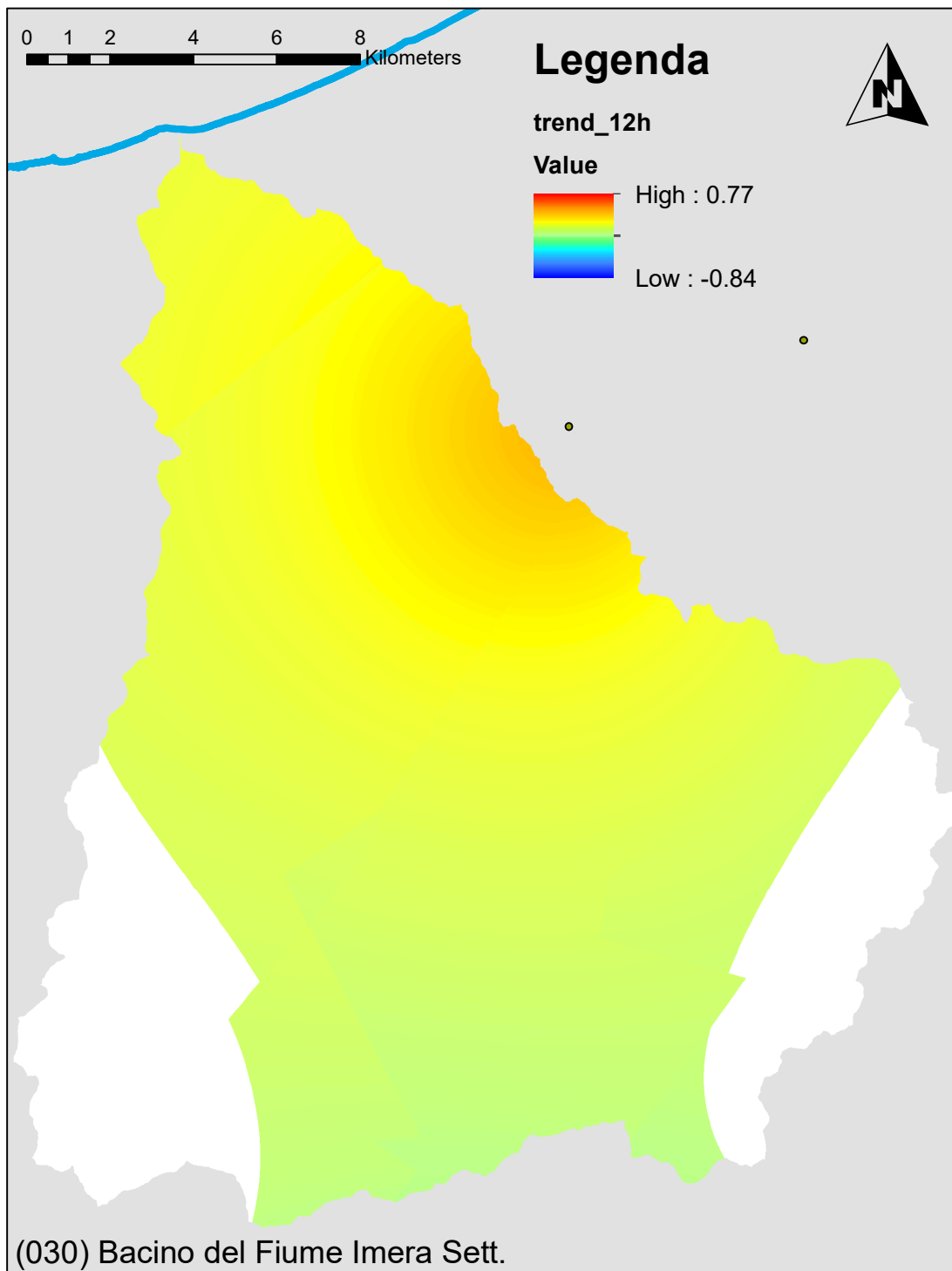


Figura 12 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 12 h (mm/anno)

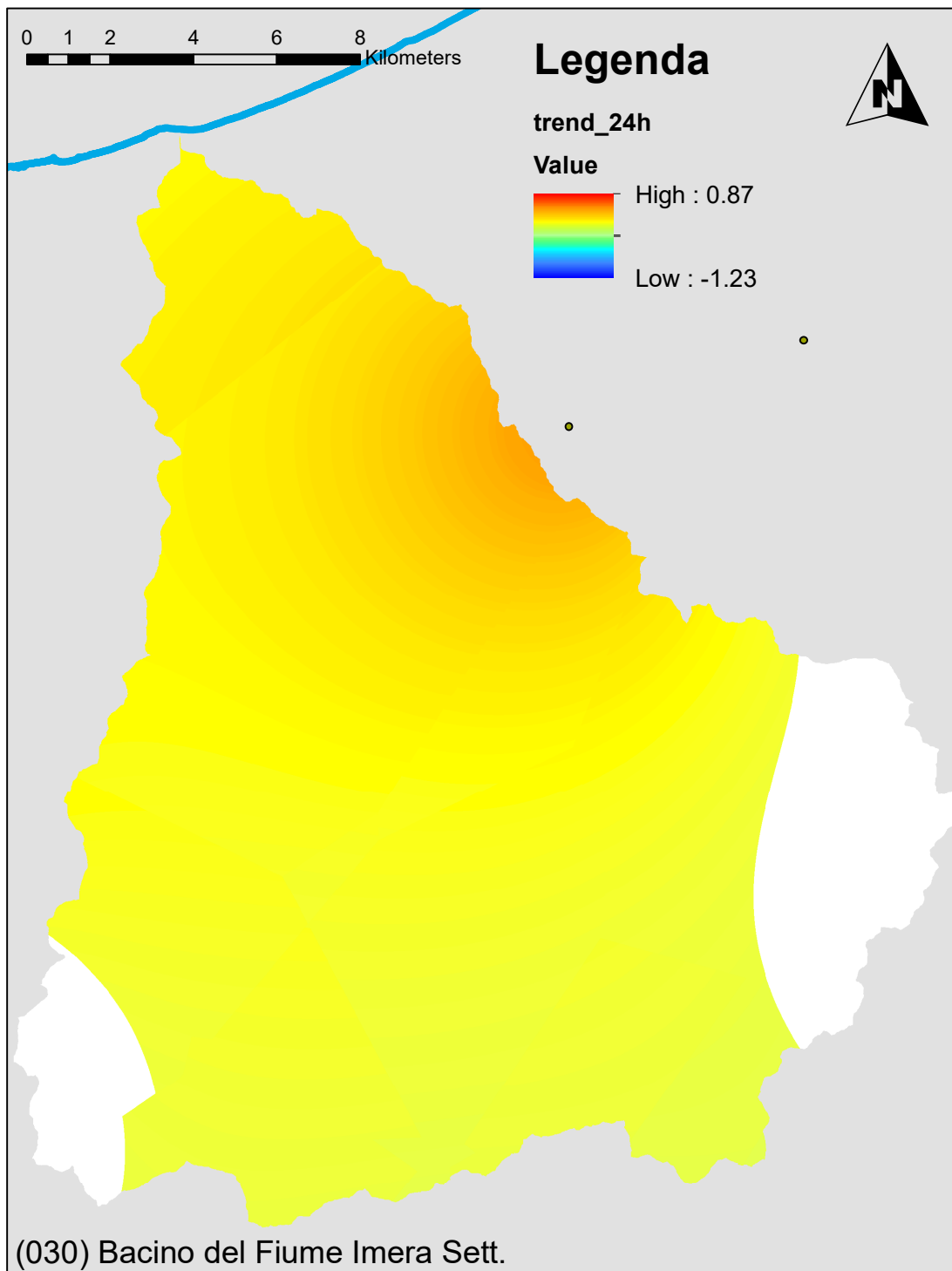
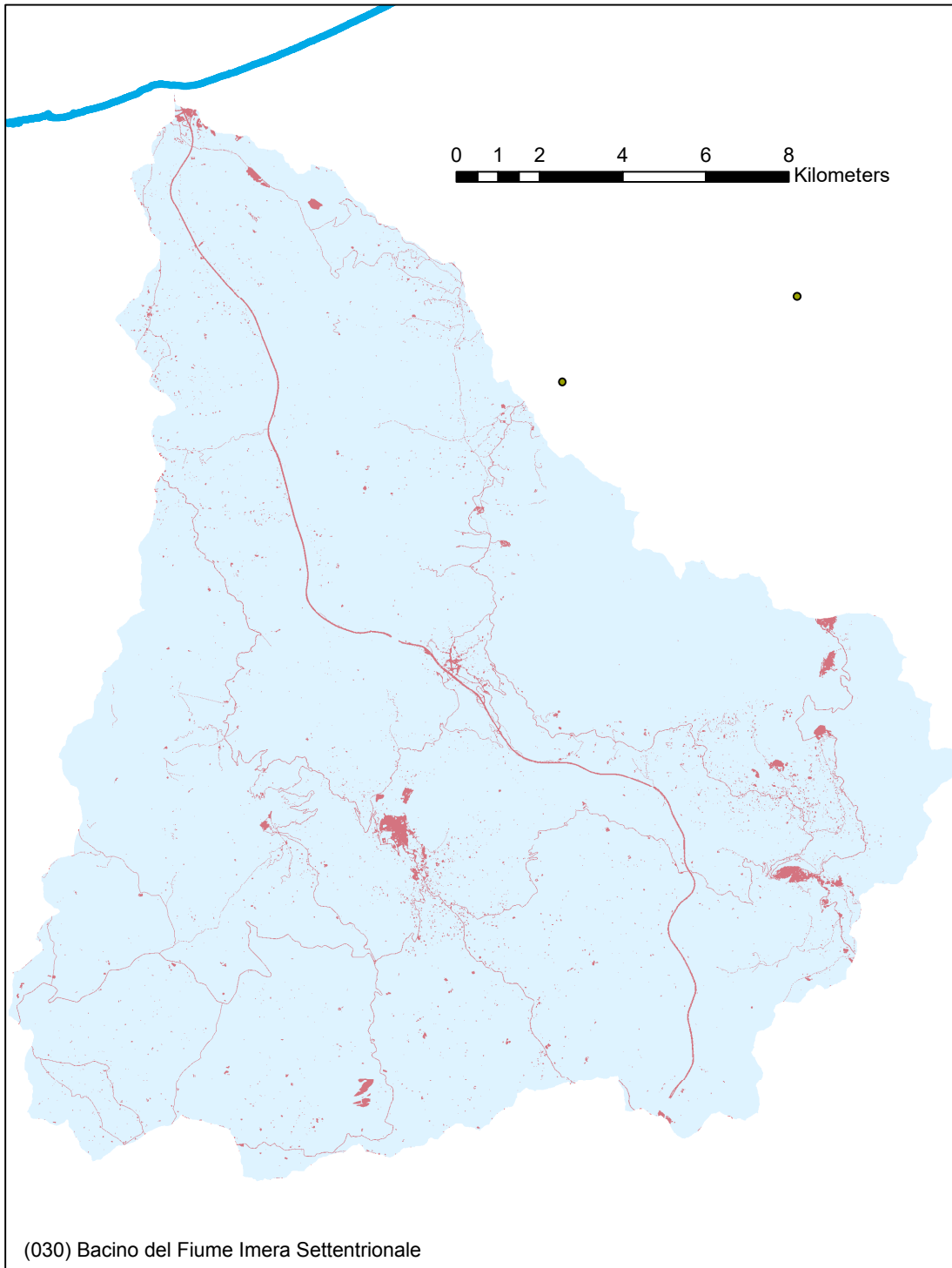


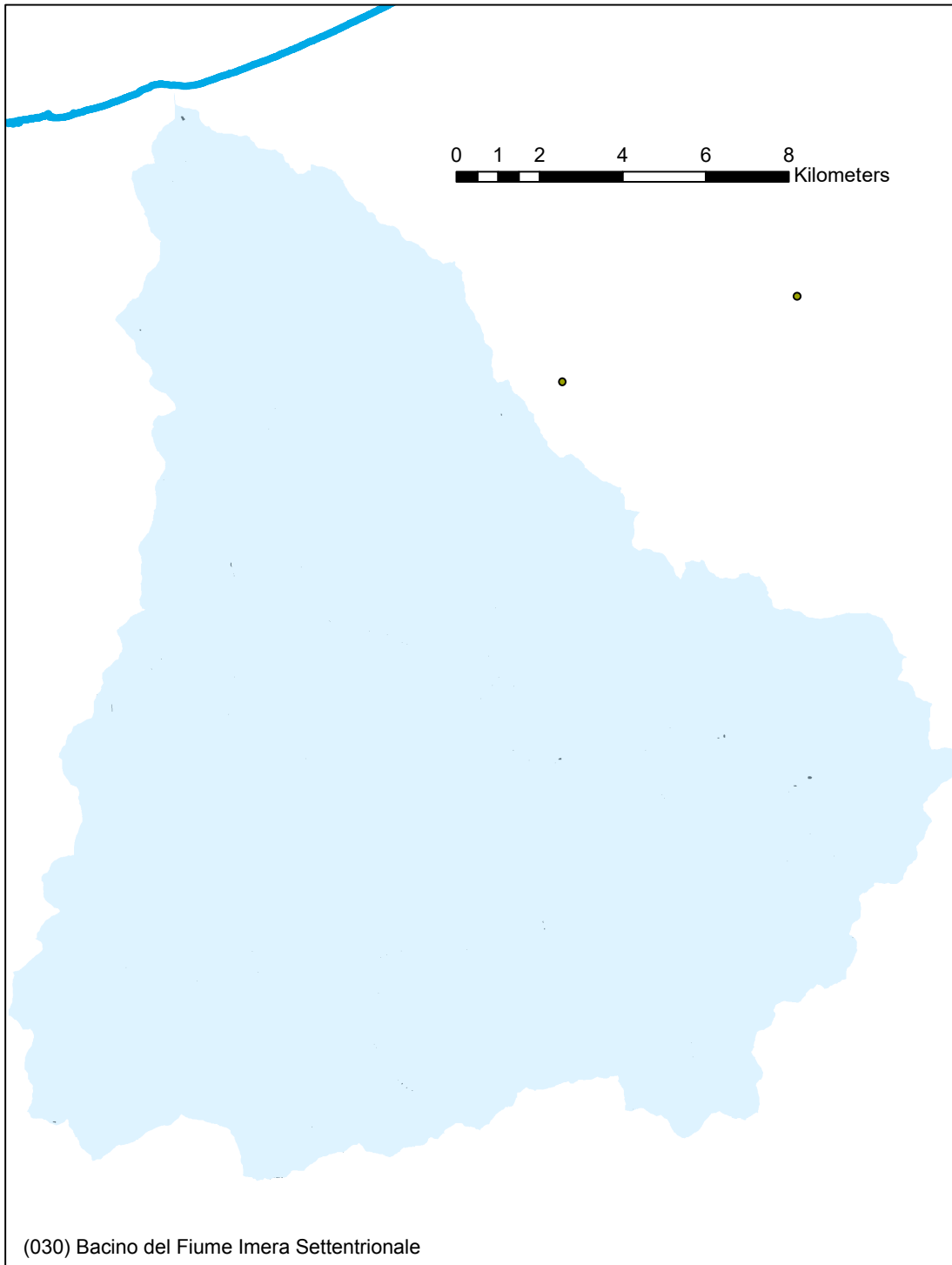
Figura 13 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 24 h (mm/anno)

**Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)**



**Figura 14 Consumo di suolo al 2019 (-)**

**Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)**



**Figura 15** Variazione del consumo di suolo tra il 2012 ed il 2019: in verde le aree ripristinate alla condizione naturale; in nero le aree consumate nel periodo di riferimento (-)

## 4 Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo

Sulla base della metodologia Arno (*Brugioni et al.*, 2010), sono stati individuati 4 fattori predisponenti e ciascun fattore suddiviso in 4 classi di suscettibilità.

### L'area dei sottobacini

- Minore di 3 km<sup>2</sup> – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 3 a 5 km<sup>2</sup> – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 5 a 7 km<sup>2</sup> – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 7 km<sup>2</sup> – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

### Il tempo di Lag del sottobacino valutato sulla base delle formulazioni proposte da Brugioni et al. (2010)

- Minore di 0.6 h – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 0.6 h a 1.2 h – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 1.2 h a 2 h – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 2 h – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

### Il tempo di ritorno della pioggia intensa indice (50 mm in un'ora)

- Minore di 20 anni – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 20 a 23.5 anni – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 23.5 a 27 anni – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 27 anni – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

### Grado di consumo del suolo

- Maggiore del 30% – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 20% al 30% – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 10% al 20% – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Minore del 10% – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

Le tavole relative ai 4 fattori sono stati riportate nel seguito. La figura 11 riporta la media pesata dei 4 fattori attribuendo ciascun bacino ad una differente classe di suscettibilità.

Il valore del tempo di lag è funzione del tempo di corrivazione che è a sua volta è stato calcolato con le molteplici formulazioni proposte in letteratura e che di seguito sono riportate.

$$\text{Giandotti} = (4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot (Q_{\text{med}} - Q_{\text{min}})^{0.5})$$

$$\text{Kirpick} = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

$$\text{Johnstone and Cross} = (3.258 \cdot (D_{\text{max}} / i_b)^{0.5}) / 60$$

$$\text{California Culvert Practice} = ((11.9 \cdot (L \cdot 0.621371)^3) / ((Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}) \cdot 3.28084))^{0.385}$$

$$\text{NRCS SCS} = (((1000 / \text{CN}) - 9)^{0.7} \cdot (D_{\text{max}} \cdot 1000)^{0.8}) / (441 \cdot (i_b \cdot 100)^{0.5})$$

$$\text{Pezzoli} = 0.055 \cdot L / i_a^{0.5}$$

$$\text{Puglisi} = 6 \cdot \text{LunghezzaAsta}^{2/3} \cdot (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})^{-1/3}$$

$$\text{Ventura} = 0.1272 \cdot (A / i_a)^{0.5}$$

$$\text{Tournon} = ((0.396 \cdot L) / (i_a)^{0.5}) \cdot ((A / L^2) \cdot (i_a) / i_b)^{0.5})^{0.72}$$

$$\text{Pasini} = 0.108 \cdot ((A \cdot L)^{1/3}) / (i_a)^{0.5}$$

$$\text{Viparelli} = L / (3.5 \cdot 1.5)$$

Dove:

- A [Km<sup>2</sup>], Area del bacino idrografico
- L [Km], Lunghezza dell'asta principale
- Q<sub>max</sub> [m], Quota massima del bacino idrografico
- Q<sub>med</sub> [m], Quota media del bacino idrografico
- Q<sub>min</sub> [m], Quota minima del bacino idrografico
- CN [0-100], Curve Number
- D<sub>max</sub> [Km], Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- i<sub>b</sub> [m/m], Pendenza media del bacino idrografico
- i<sub>a</sub> [m/m], Pendenza media dell'asta principale
- V, Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra [1;1.5 ] m/s, nell'applicazione online si assume il limite superiore.
- P[Km], Perimetro del bacino idrografico

I fattori relativi alla variabile climatica ed al consumo di suolo sono stati rivalutati anche sulla base dello scenario al 2050 adottando i trend stimati nella relazione generale offrendo così anche un quadro evolutivo della situazione nel corso del prossimo trentennio (Figure 20, 21 e 22).

La Tabella 1 mostra gli indicatori numerici dei 4 criteri per ciascun sottobacino che conducono alla divisione in classi rappresentata nelle figure.

L'analisi del bacino mostra che i fattori morfologici indirizzano l'attenzione verso alcuni sottobacini tributari delle aste principali e che sono caratterizzati da maggiori pendenze e piccole lunghezze dei percorsi di deflusso. Tali bacini sono sparsi lungo l'asta principale e presenti principalmente nell'area intermedia e montana del bacino I fattori climatici non sembrano essere discriminanti tra i sottobacini ma posizionano comunque l'intero bacino nella classe intermedia di suscettibilità con tempi di ritorno delle piogge indice che risultano, nello scenario attuale, sempre inferiori a 25 anni. Lo scenario si aggrava significativamente nel medio periodo con una robusta riduzione dei tempi di ritorno della pioggia indice. Il consumo di suolo, sia al 2020 che al 2050, ricade nella classe 1 a cui corrispondono percentuali minori del 10%. Nello scenario di suscettività al 2020, l'analisi complessivamente non individua alcun sottobacino in classe 4 per il quale il rischio di piene lampo è molto elevato e per cui è opportuno procedere alla definizione di misure specifiche. Nello scenario al 2050, il livello di suscettività aumenta per la gran parte dei sottobacini, alcuni, in questo caso, anche in classe 4.

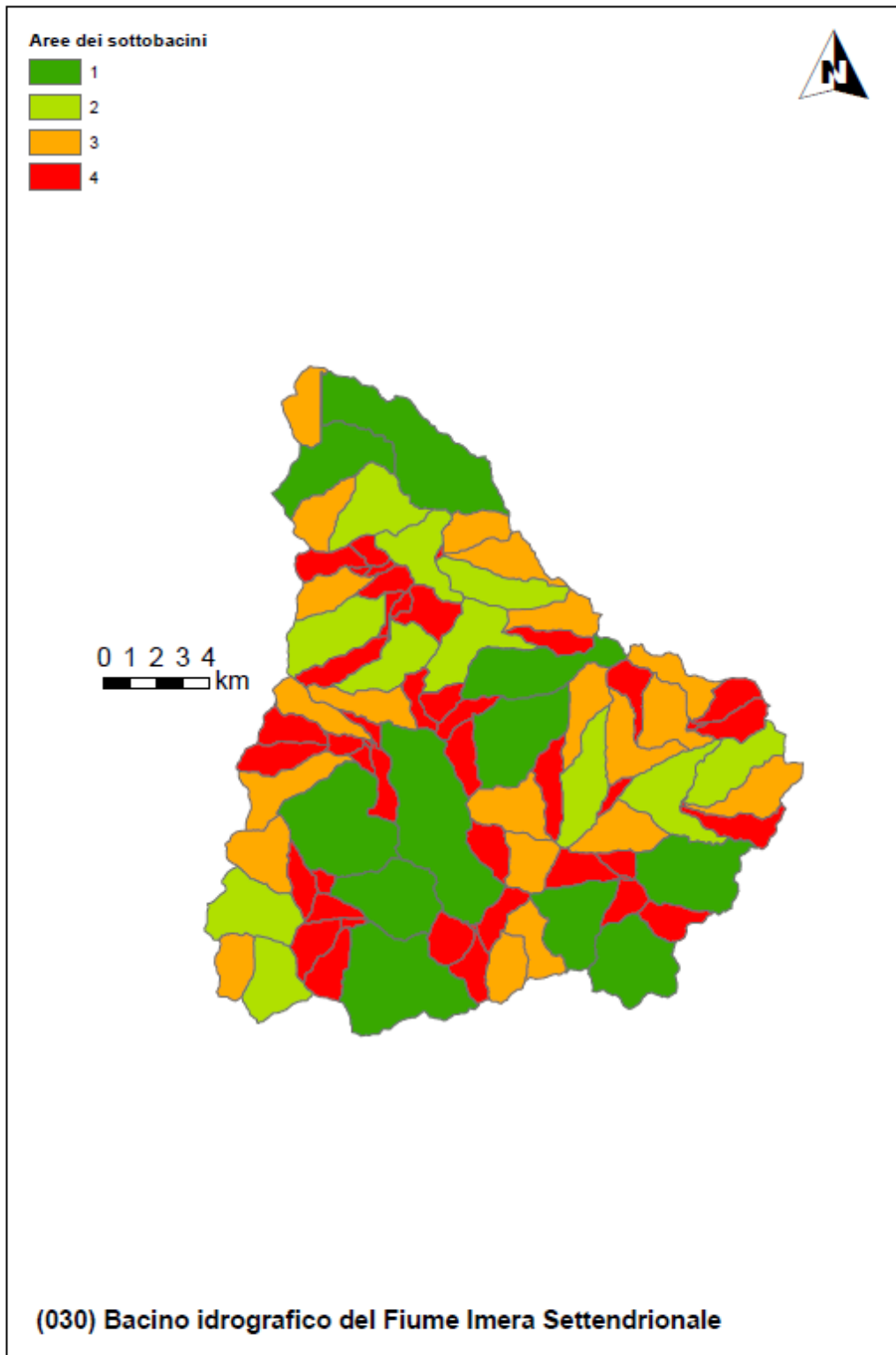


Figura 16 Fattore predisponente alle piene lampo legato all'area del sottobacino drenato



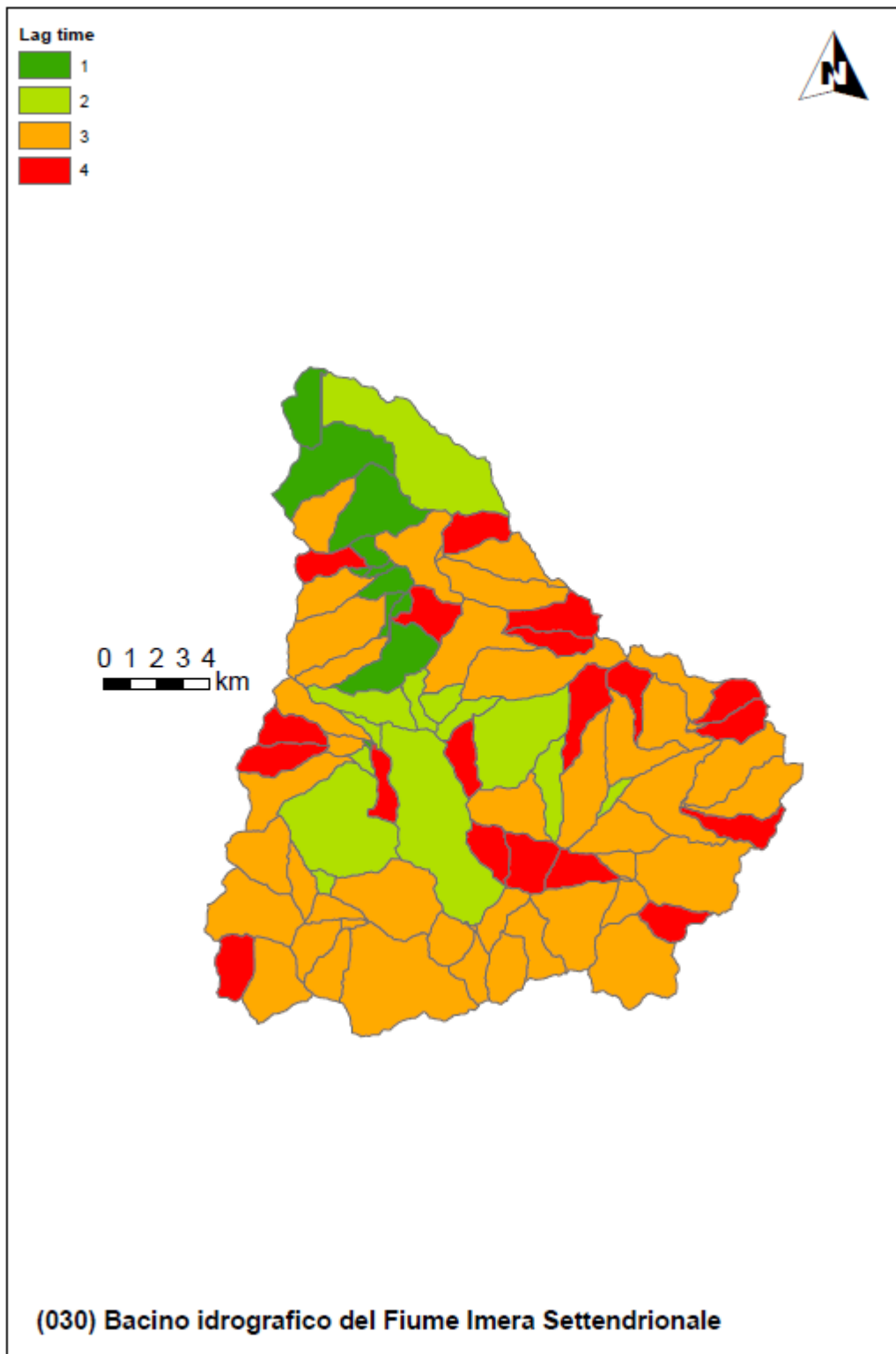


Figura 17 Fattore predisponente legato al tempo di lag del sottobacino drenato

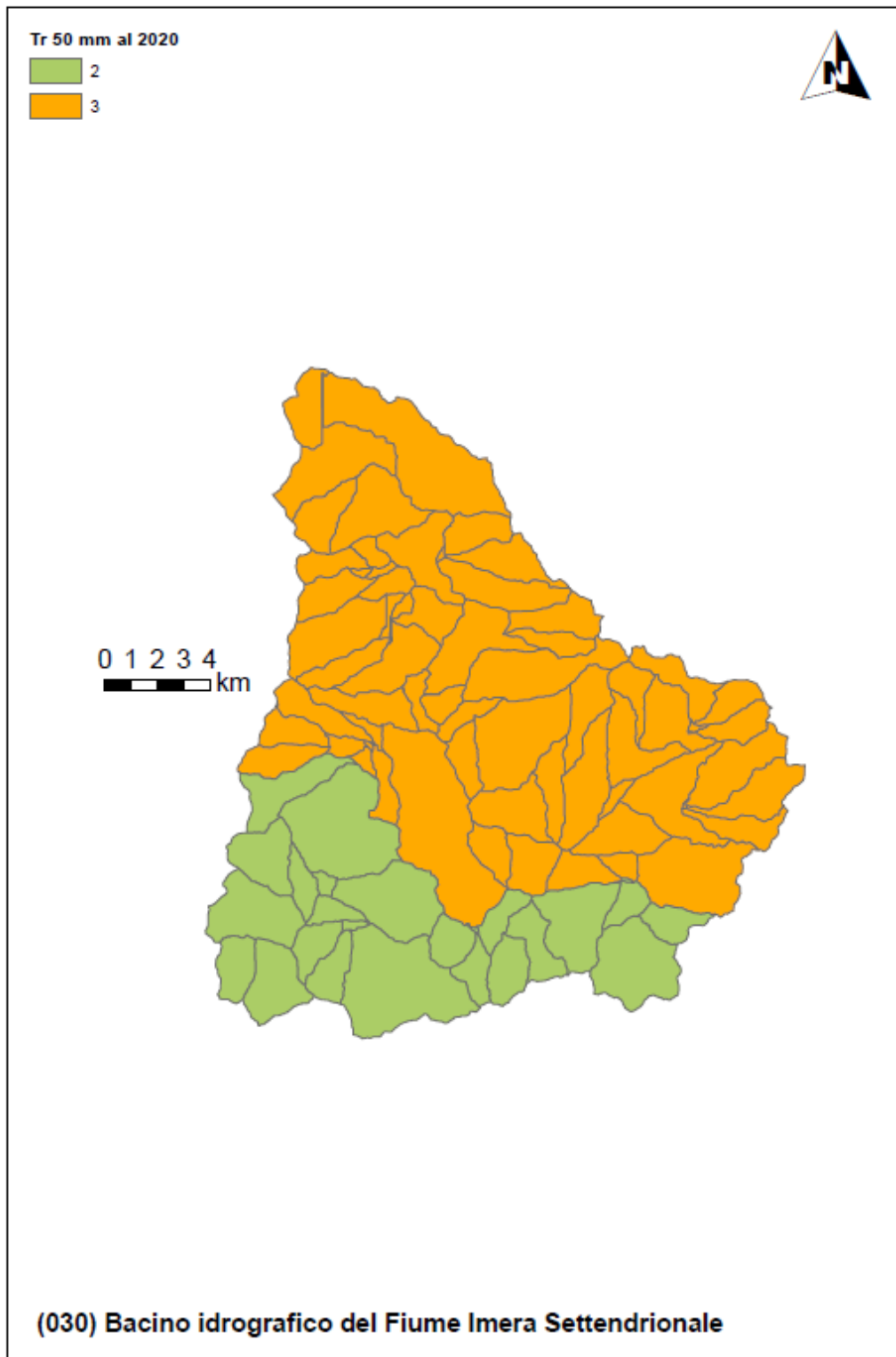


Figura 18 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario Attuale)

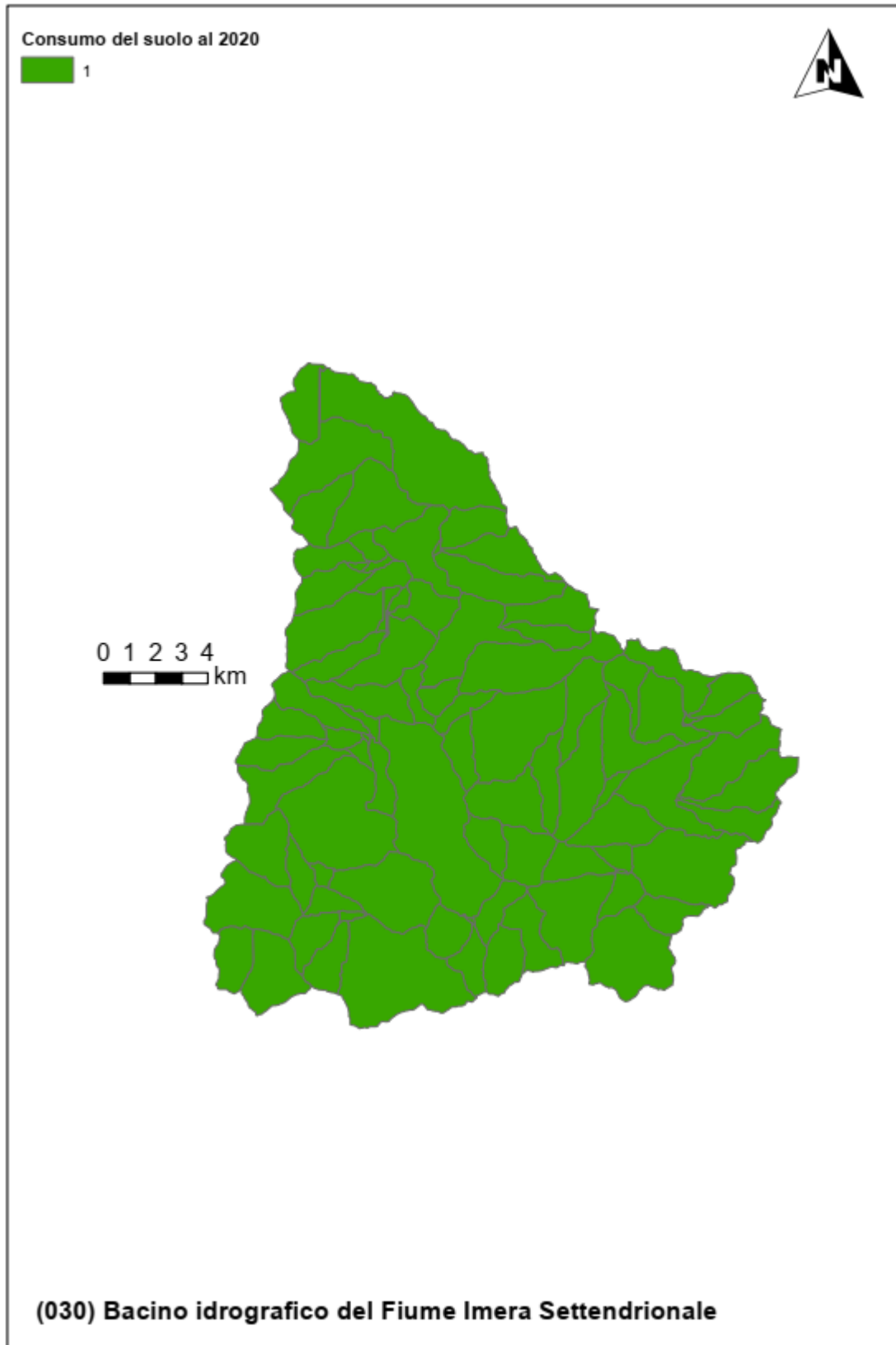


Figura 19 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario Attuale)

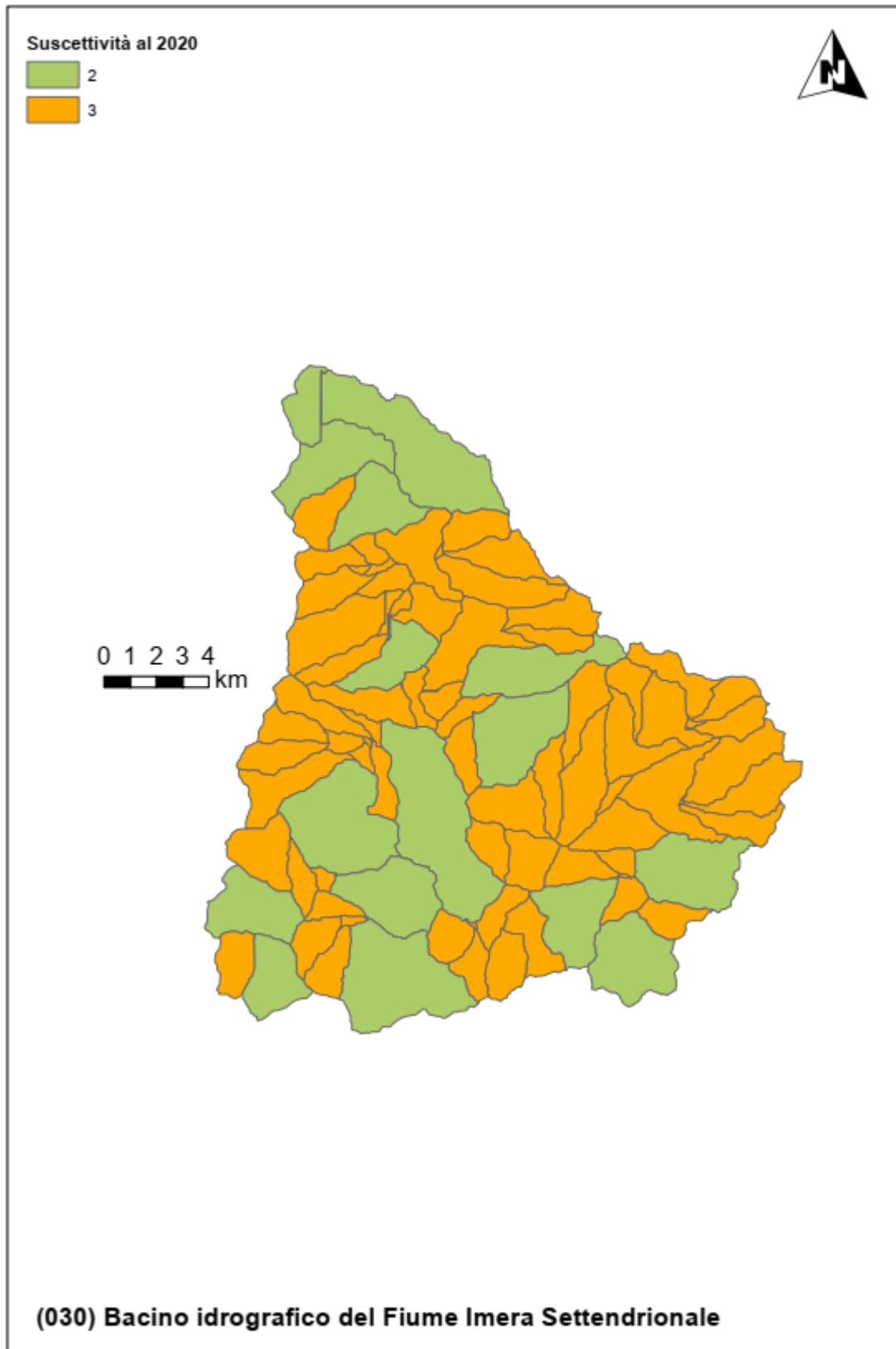


Figura 20 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario Attuale)

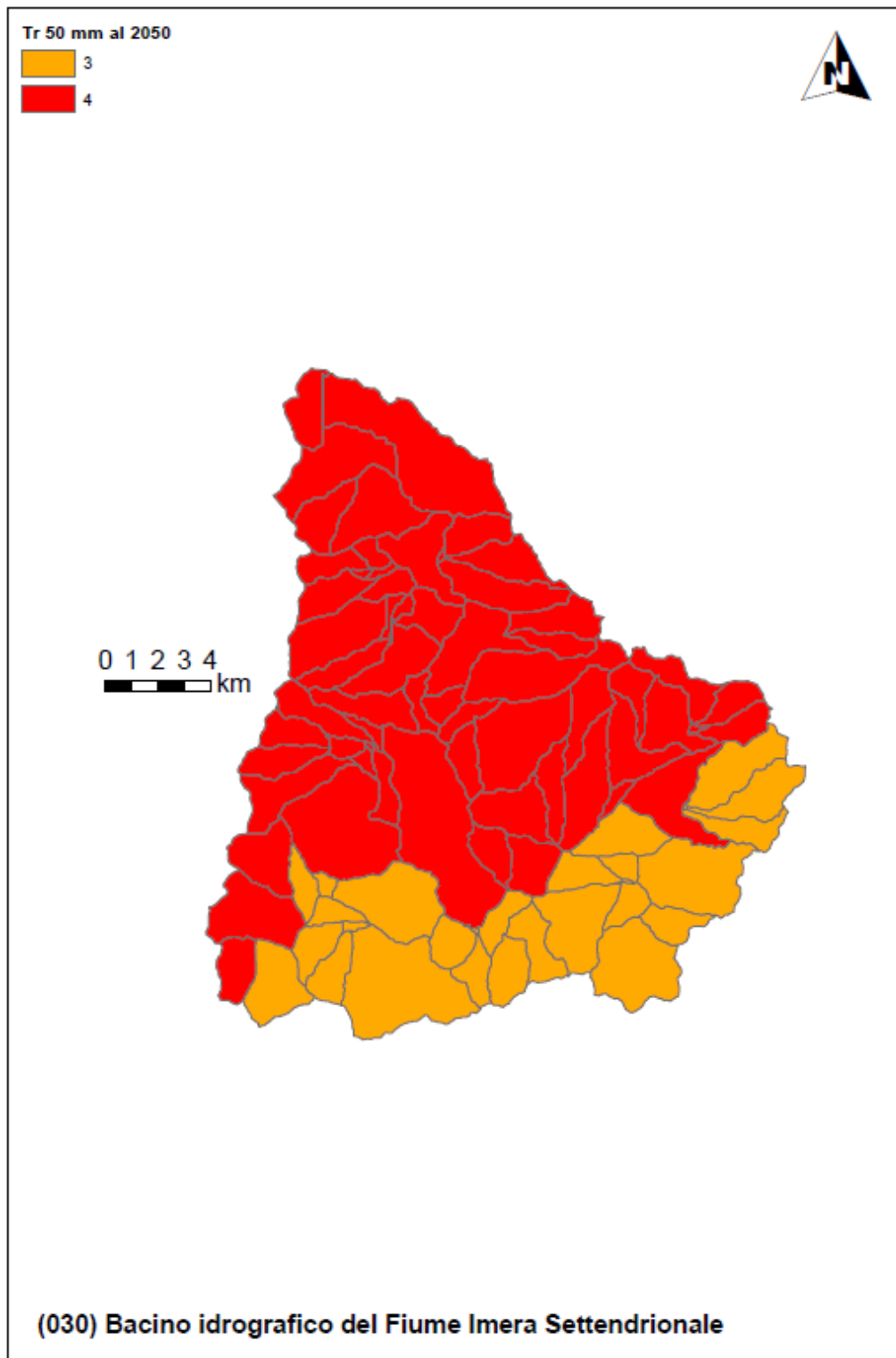


Figura 21 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario al 2050)

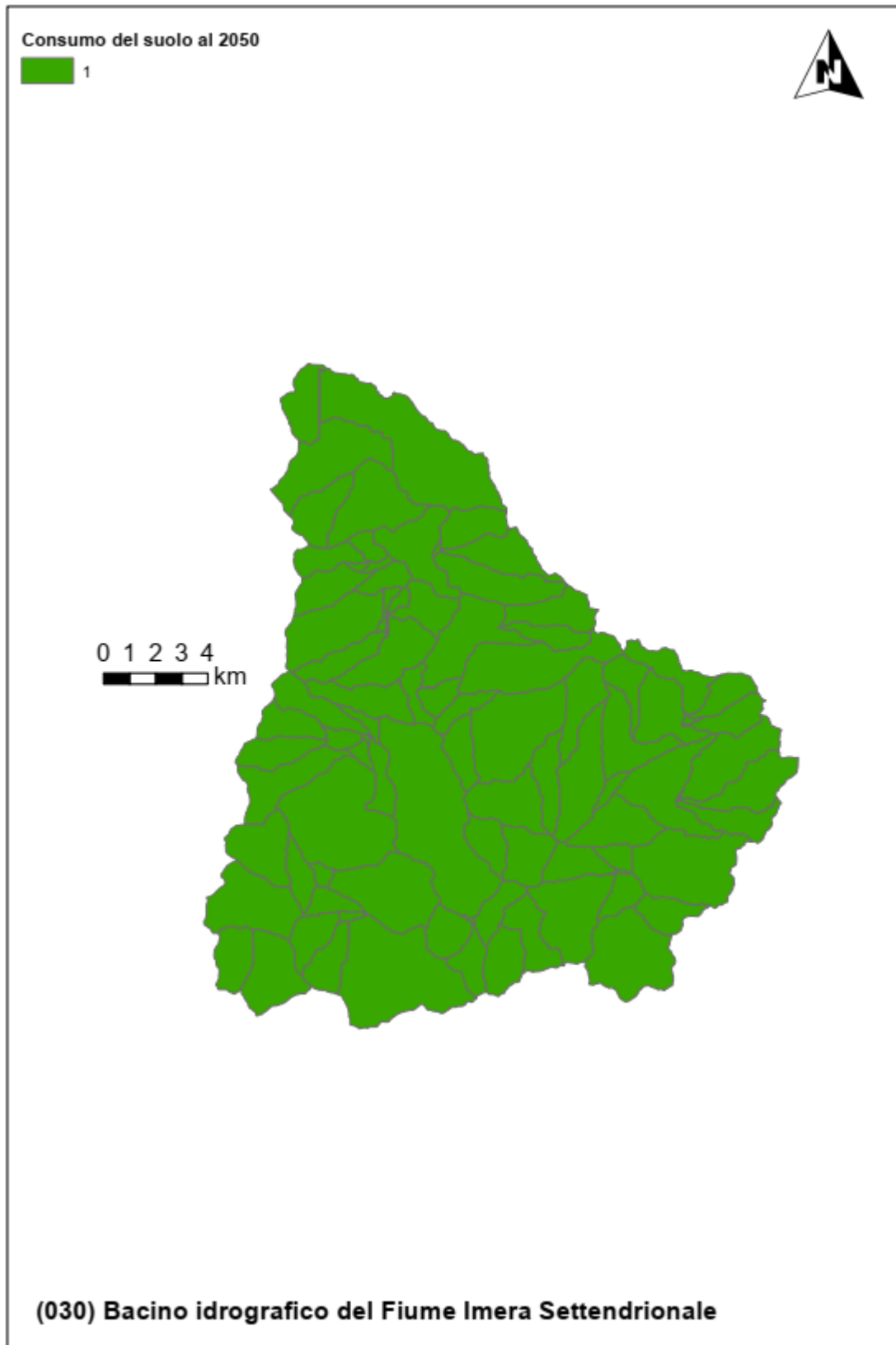


Figura 22 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario al 2050)

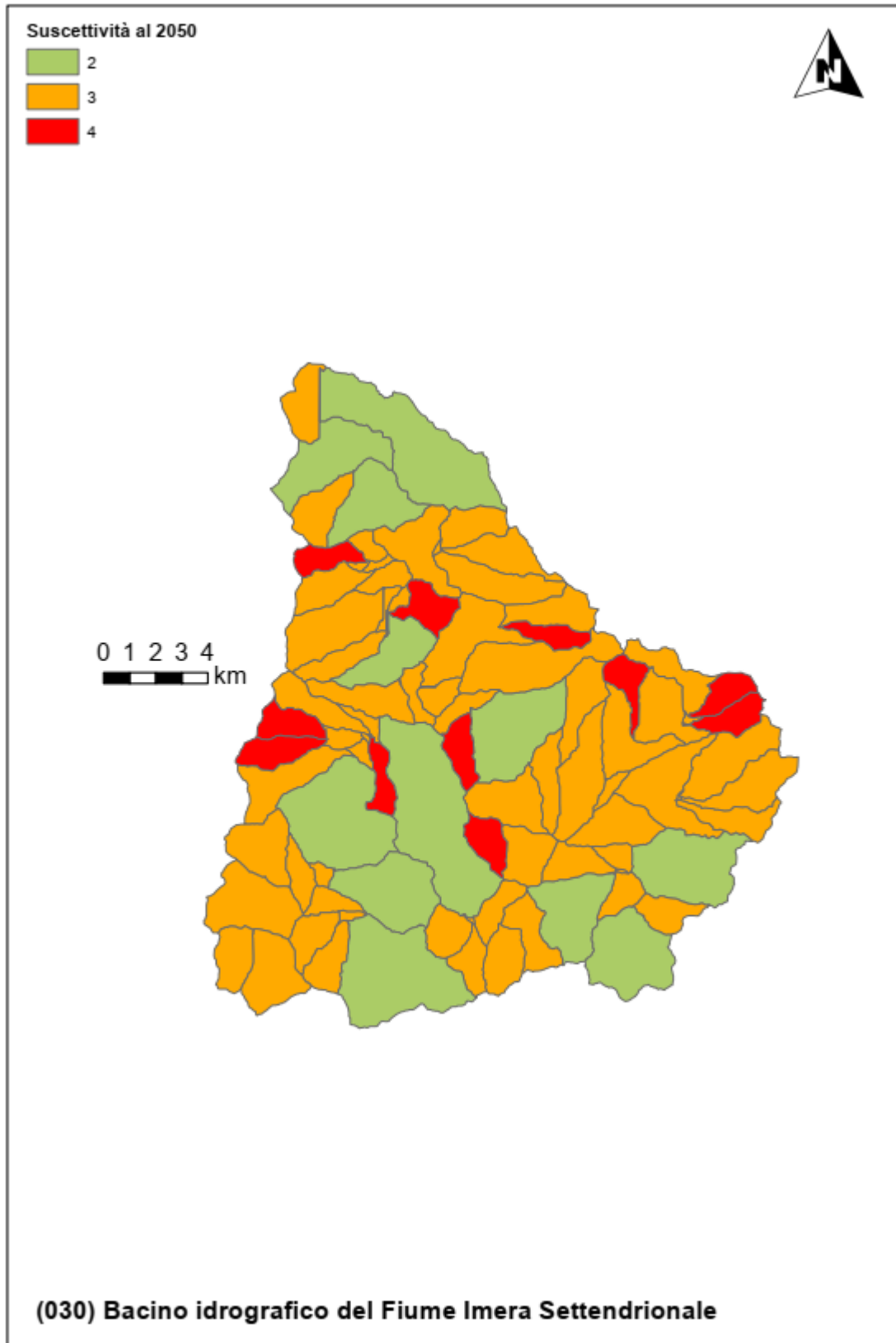


Figura 23 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario al 2050)

Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)

Tabella 1 Indicatori numerici relativi ai criteri di valutazione della suscettibilità alle piene lampo (Brugioni et al., 2010)

(030) Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale

Valori, rispettivamente, dell'area, lag time, tempo di ritorno corrispondente alla pioggia di 50mm in 1 ora al 2020 e con proiezione al 2050 e consumo del suolo al 2020 e 2050 per ciascuno dei sottobacini.

IDs	Area [kmq]	Lag time [h]	Tempo di ritorno 50mm/1h al 2020 [anni]	Tempo di ritorno 50mm/1h al 2050 [anni]	Consumo del suolo 2020 [%]	Consumo del suolo 2050 [%]
1	3.32	4.34	22.27	17.72	6.32	6.37
2	7.92	3.41	22.34	17.55	2.13	2.18
3	16.17	1.25	21.95	16.87	2.95	2.95
4	3.60	0.63	22.43	17.72	1.77	1.77
5	6.53	2.76	22.14	17.32	1.32	1.32
7	4.99	0.71	23.54	19.54	1.15	1.15
8	4.78	0.65	23.81	19.90	0.58	0.58
9	6.95	0.96	47.49	39.80	1.71	1.71
10	3.10	0.58	23.59	19.72	1.51	1.72
11	5.21	0.75	23.98	20.37	1.81	1.81
14	3.07	0.54	21.27	15.61	0.37	0.37
15	0.11	0.85	21.67	16.34	0.18	0.18
16	3.99	0.61	21.01	15.16	2.83	2.92
17	5.24	1.03	21.85	16.70	0.26	0.26
18	2.26	0.57	22.47	17.97	1.40	1.40
19	1.26	2.62	111.15	87.41	3.93	3.98
20	0.34	3.09	22.18	17.37	3.75	3.75
21	3.21	0.61	22.56	18.08	2.30	2.31
22	5.25	0.66	21.34	15.72	1.74	1.74
23	1.61	2.70	22.17	17.33	2.22	2.22
24	2.95	0.60	44.00	33.96	0.44	0.44
25	0.56	2.77	22.27	17.51	2.73	2.73
26	0.53	2.56	22.18	17.33	1.67	1.67
27	3.68	0.52	107.91	80.13	0.37	0.37
28	6.89	0.79	22.67	18.25	1.56	1.69
29	6.48	1.01	21.97	16.90	1.84	1.84
30	2.08	0.49	21.83	16.51	1.27	1.27
31	2.76	0.66	22.75	18.40	0.88	0.91
32	8.59	0.76	22.14	17.18	1.02	1.03
33	5.19	2.33	44.93	35.79	1.91	1.92
34	3.45	0.68	45.62	36.79	1.59	1.59
35	1.49	1.77	22.57	18.13	2.25	2.30
36	1.53	1.81	22.49	17.99	1.79	1.86
37	2.37	0.51	22.56	18.00	0.01	0.01
38	1.61	1.62	22.50	18.03	8.91	8.91
39	3.35	0.67	23.05	18.93	0.81	0.87
40	2.26	0.55	23.09	19.30	8.44	8.44
41	3.91	1.59	22.79	18.54	0.78	0.78
42	0.16	0.80	45.84	38.35	0.25	0.25



Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)

43	3.90	0.57	22.42	17.91	0.38	0.38
44	2.48	0.58	23.13	19.75	1.54	1.54
45	4.58	0.79	22.82	18.79	1.04	1.04
46	2.47	0.51	22.73	18.61	1.29	1.29
47	0.70	1.79	22.89	18.75	0.92	0.92
48	0.01	3.80	22.92	18.84	0.00	0.00
49	2.61	0.59	23.20	19.17	0.62	0.91
50	2.02	0.52	46.21	38.46	4.50	4.50
51	0.08	2.85	22.94	18.88	0.00	0.00
52	0.94	0.76	23.03	19.01	3.66	3.70
53	4.80	0.88	22.74	18.81	2.40	2.72
54	2.96	0.57	23.39	19.38	0.33	0.33
55	5.85	0.67	23.20	20.31	4.56	5.11
56	0.57	1.74	23.01	19.03	2.01	2.01
57	9.71	1.33	22.58	18.23	4.00	4.03
58	2.96	1.22	22.90	19.02	2.96	3.31
60	6.11	1.05	22.83	19.09	2.32	2.32
61	0.71	1.23	23.02	19.46	3.81	3.91
62	0.04	0.82	23.21	20.14	2.26	2.26
63	6.83	0.97	23.17	19.94	5.45	5.45
64	4.65	0.68	23.29	21.05	1.41	1.41
65	2.88	0.58	23.40	21.21	2.09	2.11
66	4.92	0.70	23.02	19.31	1.01	1.01
67	2.53	0.53	23.22	19.79	4.10	4.10
68	3.52	0.59	23.26	19.99	1.47	1.60
69	4.50	1.11	23.24	20.02	2.95	2.95
70	13.27	1.39	23.52	19.68	1.79	1.79
71	1.13	1.01	23.39	20.42	3.23	3.23
72	9.62	0.82	23.44	21.04	5.08	5.09
73	2.72	0.58	23.47	20.43	0.36	0.36
74	0.07	0.89	23.57	20.78	6.90	6.90
76	0.58	1.25	23.75	20.06	1.48	1.48
77	1.95	0.91	23.78	20.04	2.54	2.54
79	8.26	0.91	23.56	20.23	1.67	1.68
80	1.85	0.84	23.65	21.04	2.71	2.71
81	2.47	0.59	23.59	21.31	0.33	0.33
82	7.16	0.78	47.50	42.22	0.44	0.44
83	1.54	1.13	23.73	20.22	1.84	1.87
84	18.20	1.42	23.16	19.52	5.37	5.38
85	2.60	0.62	23.95	20.49	0.88	0.88
86	3.34	0.77	23.80	21.22	2.58	2.58
87	0.31	1.13	23.63	20.31	1.79	1.79
88	0.07	0.68	23.57	20.69	2.12	2.12
89	2.18	0.84	23.51	20.60	1.41	1.41
90	2.79	0.61	24.09	20.79	1.23	1.23
91	2.62	0.65	23.66	20.79	2.03	2.07
92	2.17	0.62	23.79	21.24	0.24	0.24
93	3.24	0.65	23.92	21.48	0.63	0.63
94	8.44	0.84	23.75	21.60	1.95	1.96
95	14.05	1.04	24.06	21.15	2.25	2.37

## 5 Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici

Per quanto riguarda i tratti fluviali i cui bacini sono caratterizzati da tempi di corrivazione superiore all'ora si è proceduto ad un'ulteriore analisi dell'impatto dei trend climatici sul rischio. Per questi casi, l'utilizzo della variabile idrologica proposta dal metodo Arno (Brugioni et al., 2010) non risulta congrua rispetto ai tempi di corrivazione del bacino e, di conseguenza, in questi casi si è preferito stimare il trend climatico medio per durate prossime al tempo di corrivazione. Quest'ultimo è stato stimato attraverso le formulazioni proposte dal metodo Arno calcolando il valore medio delle sole formule empiriche che risultano compatibili con le caratteristiche morfologiche del bacino.

Nel caso in cui il tempo di corrivazione del bacino sia intermedio rispetto a due durate di cui si dispone dell'analisi idrologica, il trend è stato valutato tramite interpolazione tramite legge di potenza.

La seguente figura mostra, nello scenario climatico di medio termine (2050), e per ciascuna sezione di chiusura (individuata con inter-distanza minima pari a 10 m) la variazione percentuale media delle piogge intense per durate assimilabili al tempo di corrivazione dell'area drenata.

L'analisi mostra un trend globalmente positivo sulle piogge intense e, di conseguenza, è prevedibile che le portate di piena debbano crescere seguendo il possibile sviluppo dell'attuale trend climatico. In termini quantitativi, l'impatto può definirsi da elevato a moderato nel tratto terminale del reticolo idrografico e modesto in buona parte della porzione montana del bacino.

**Fanno eccezione alcune aste fluviali secondarie poste in destra idraulica lungo il tratto vallivo del fiume che manifestano un trend di crescita molto elevata con aumenti superiori al 20% delle piogge di massima intensità e durata paragonabile con il tempo di ritorno.**

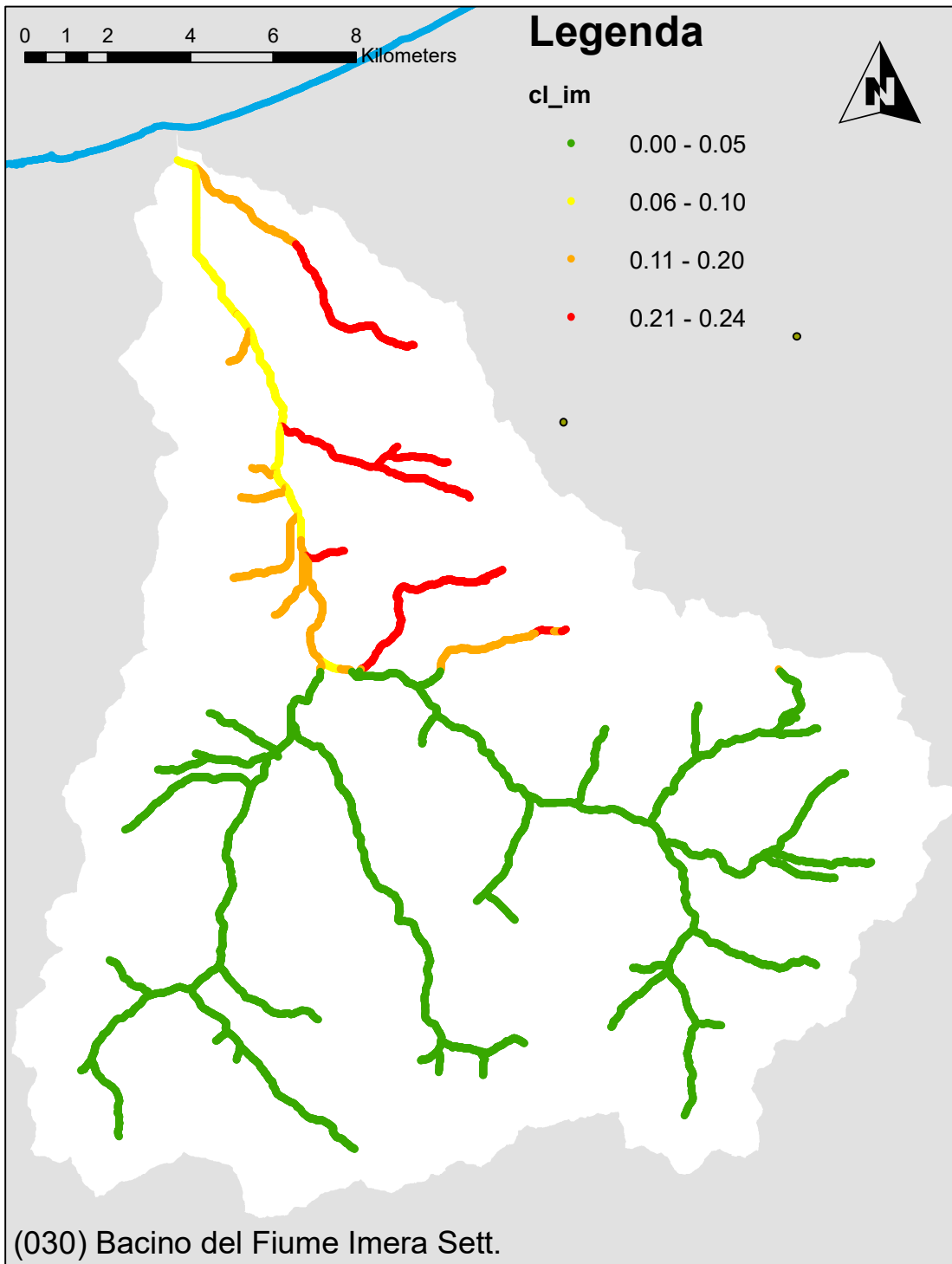


Figura 24 Variazione climatica nel periodo 2020 – 2050 per i picchi annuali di pioggia di massima intensità e durata pari al tempo di corrivazione dell'area drenata

## 6 Modifiche alle misure di piano

### 6.1 Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico

L'analisi della suscettibilità del bacino alle piene lampo evidenzia già allo stato attuale un rischio elevato in numerosi sottobacini ma nessun sottobacino nella condizione di suscettibilità molto elevata. Tale condizione si modifica con l'applicazione dei trend climatici statisticamente significativi ed una progressiva, anche se modesta, crescita del consumo di suolo. Nello scenario di medio termine, 10 bacini raggiungono il massimo livello di suscettibilità soprattutto a causa dell'aggravarsi del fattore climatico e del fattore connesso con il tempo di corrivazione.

Il quadro d'impatto del cambiamento climatico sui bacini a maggiore tempo di corrivazione evidenzia trend climatici significativi e positivi con una crescita delle piogge di massima intensità talvolta molto elevata.

Le misure previste dal piano già prevedono interventi non strutturali per la prevenzione del rischio alluvioni e misure di preparazione e protezione tra cui il monitoraggio delle variabili climatiche, i sistemi di allerta e la segnalazione delle aree fluviali a maggiore rischio.

Alla luce dell'analisi svolta e dell'aggiornamento dei punteggi tecnici previsti dal Piano, si ritiene in questa sede di confermare il quadro delle misure adottate. Appare tuttavia utile evidenziare alcune misure che possono essere utili a contrastare gli effetti del cambiamento climatico in corso.

### 6.2 Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico

L'analisi della suscettibilità del bacino alle piene lampo suggerisce di **concentrare lo sviluppo di sistemi di monitoraggio, alertamento e segnalazione del pericolo nei bacini ad alta suscettibilità** evidenziati dallo scenario a medio termine. In considerazione del fatto che tali aree manifestano il massimo livello di suscettibilità nello scenario di medio termine, la priorità di questi interventi può essere più bassa (Figura 25).

In considerazione del fatto che la variazione climatica sulle piogge intense risulta talvolta molto elevata nello scenario 2050 **si ritiene di proporre in questa sede l'applicazione di norme specifiche per la rivalutazione della pericolosità e del rischio idraulico e per la progettazione delle opere di mitigazione e salvaguardia**. In particolar modo si suggerisce di **vincolare il parere sulla rimodulazione delle aree a pericolosità idraulica all'esame di specifiche analisi idrologiche-idrauliche che prevedano esplicitamente scenari di cambiamento climatico**. Si propone di estendere tale vincolo ai tratti fluviali che manifestano la massima variazione climatica (in rosso in figura 24) e nei bacini ad essi afferenti (Figura 26).

Tali analisi possono essere svolte con metodi analoghi a quelli discussi e/o applicati nel presente studio ovvero con approcci di letteratura che prevedano espressamente la valutazione statistica dei trend climatici sulle variabili idrologiche di interesse.

## **Bacino Idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)**

Si rimanda comunque al successivo ciclo di aggiornamento del Piano per la rivalutazione dei trend climatici, alla luce dei nuovi dati che saranno disponibili, e l'eventuale imposizione di specifici vincoli.

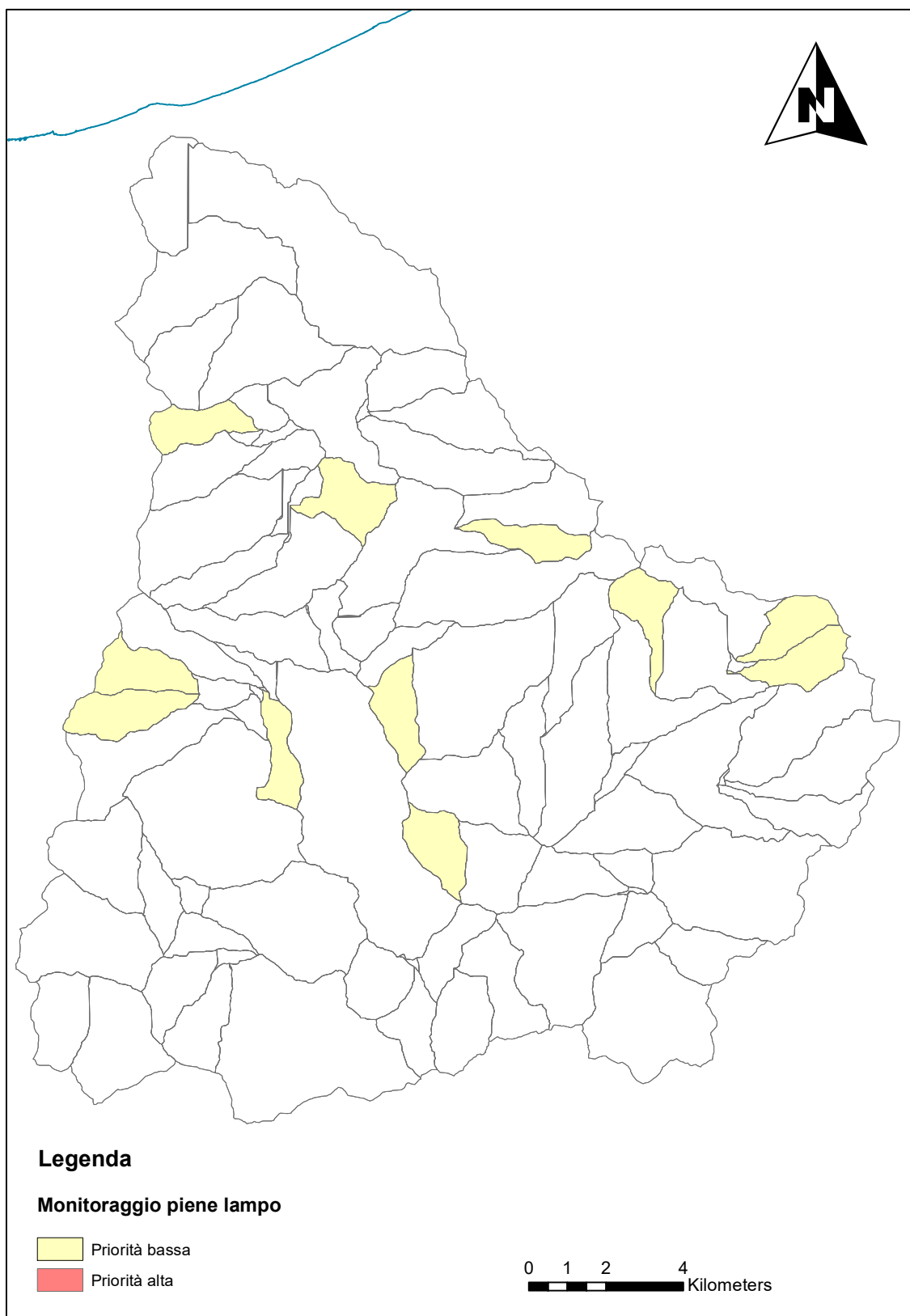


Figura 25 Aree in cui applicare gli interventi di monitoraggio delle piene lampo

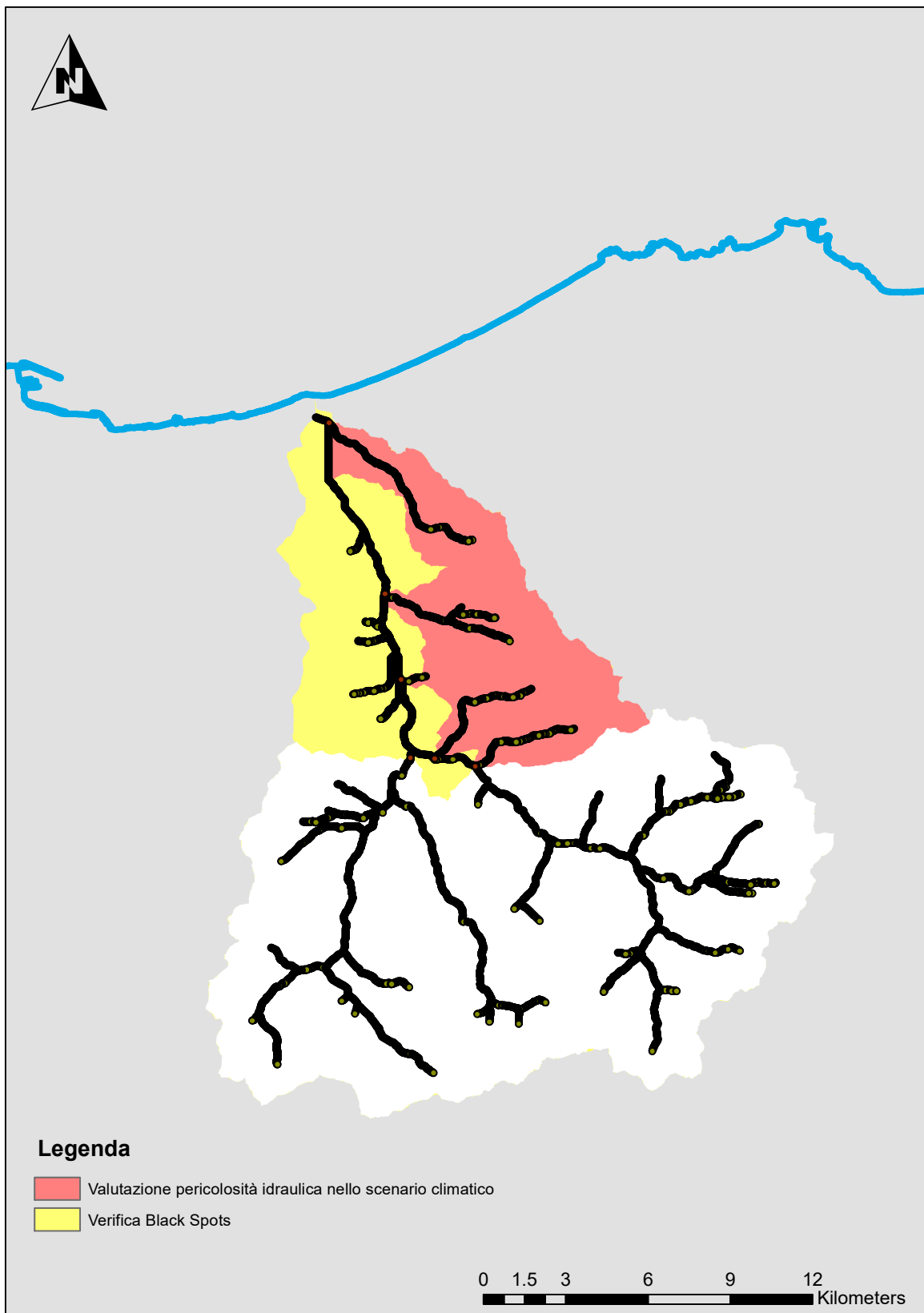


Figura 26 Aree su cui applicare le misure di integrazione degli scenari di cambiamento climatico nelle analisi di compatibilità idraulica