

094 – Bacino Idrografico del Fiume Simeto

PROF. ING.
GABRIELE FRENI

[COMPANY NAME] | [Company address]

Indice

1	<i>Premessa</i>	2
2	<i>Sintesi dell'inquadramento morfologico e territoriale</i>	3
3	<i>Valutazione delle variabili climatiche e di consumo di suolo</i>	11
4	<i>Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo</i>	21
5	<i>Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici</i>	34
6	<i>Modifiche alle misure di piano</i>	36
	6.1 Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico	36
	6.2 Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico	36

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)¹. 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.

¹ 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 del Fiume Simeto ricade nel versante orientale dell'Isola. Nell'area oggetto di studio è possibile distinguere settori a diversa configurazione morfologica.

Nel settore settentrionale prevalgono le forme aspre ed accidentate, dovute alla presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici e quarzarenitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso dei Nebrodi.

Ad Ovest ed a Sud-Ovest sono presenti i Monti Erei, di natura arenacea e calcarenitico-sabbiosa, isolati e a morfologia collinare; qui l'erosione, controllata dall'assetto strutturale ha dato luogo a rilievi tabulari (mesas) o monoclinali (cuestas). Nella porzione centro-meridionale dell'area in esame, invece, i terreni postorogeni plastici ed arenacei, facilmente erodibili danno luogo ad un paesaggio collinare dalle forme molto addolcite, interrotto localmente da piccoli rilievi isolati, guglie e pinnacoli costituiti da litotipi più resistenti all'erosione. I gessi rappresentano il litotipo più diffuso e, a causa della loro elevata solubilità, sono interessati da fenomeni carsici. Il settore orientale è interessato dalla presenza del rilievo vulcanico dell'Etna; la morfologia è caratterizzata da pendii non molto accentuati che, in presenza di colate recenti, assumono un aspetto più aspro. Infine il settore sud-orientale presenta una morfologia pianeggiante in corrispondenza della "Piana di Catania".

Il bacino imbrifero del Fiume Simeto, propriamente detto, nasce dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello e il Torrente Saracena, nella pianura di Maniace. I suddetti corsi d'acqua si originano dai rilievi dei Monti Nebrodi, nella parte settentrionale del bacino. Lo spartiacque del bacino corre ad est in corrispondenza dei terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna; a nord la displuviale si localizza sui Monti Nebrodi; ad ovest essa separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale; infine a sud-est ed a sud lo spartiacque corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il bacino del Simeto e quello dei fiumi Gela, Ficuzza e San Leonardo. Gli affluenti principali del Fiume Simeto sono il Torrente Cutò, il Torrente Martello, il Fiume Salso, il Fiume Troina, il Fiume Gornalunga e il Fiume Dittaino. Procedendo da monte verso valle, il bacino del Fiume Simeto è distinto nei seguenti bacini principali: Alto e Medio Simeto, Salso, Dittaino, Gornalunga e Basso Simeto. Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di numerosi affluenti in sponda destra dell'asta principale del Simeto e dalla mancanza di una vera e propria rete idrografica principale sulle formazioni vulcaniche molto permeabili dell'Etna.

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 comunemente inferiori 20 km² tranne che nelle porzioni medio vallive dove le

dimensioni sono inferiori a 100 km². Complessivamente sono stati individuati 160 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. Come previsto nel metodo, in considerazione della notevole estensione del bacino, i tratti fluviali che superano i 500 km² di bacino tributario non sono stati considerati nell'analisi di suscettibilità alle piene lampo.

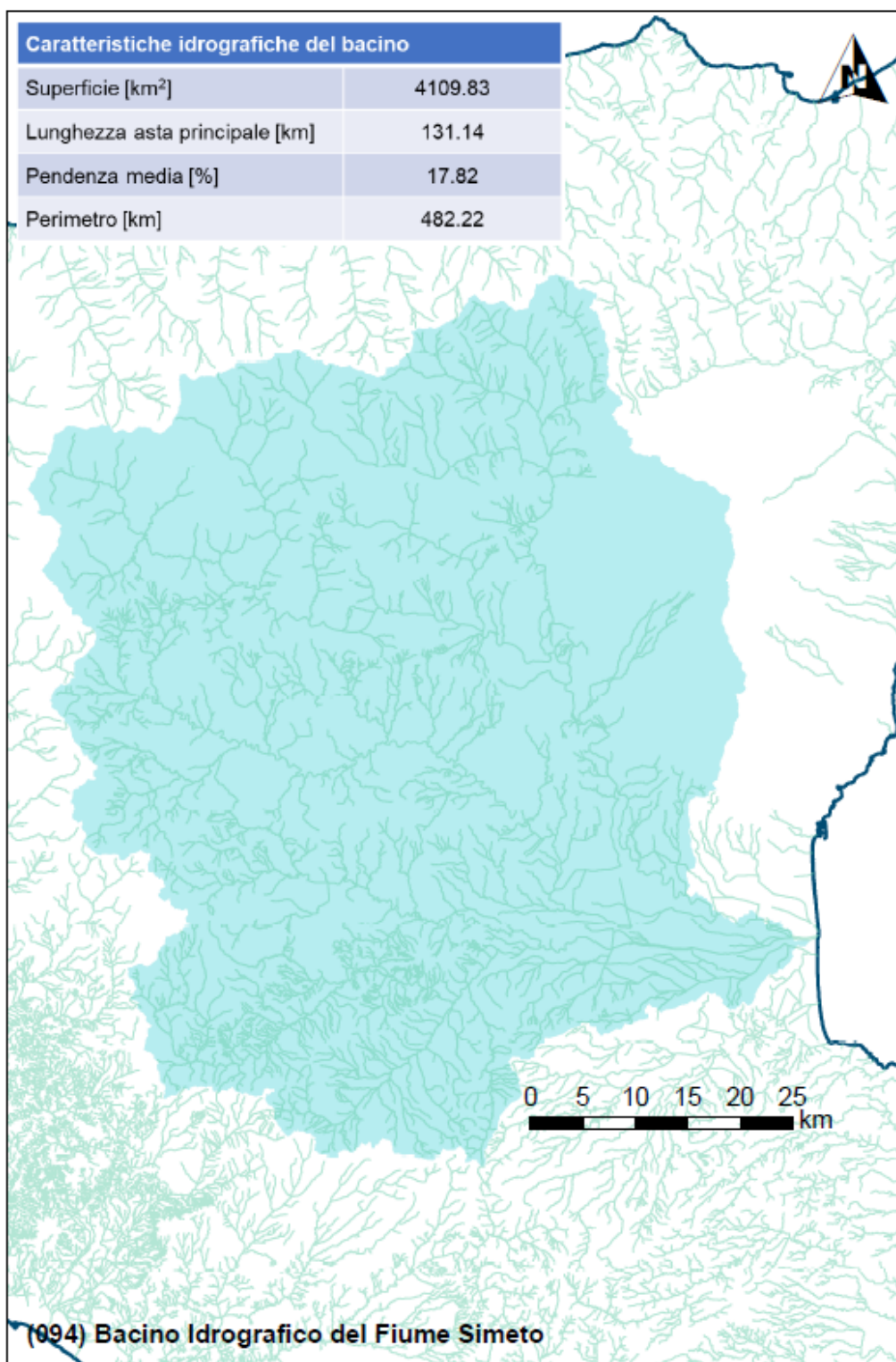


Figura 1 Inquadramento Territoriale del bacino

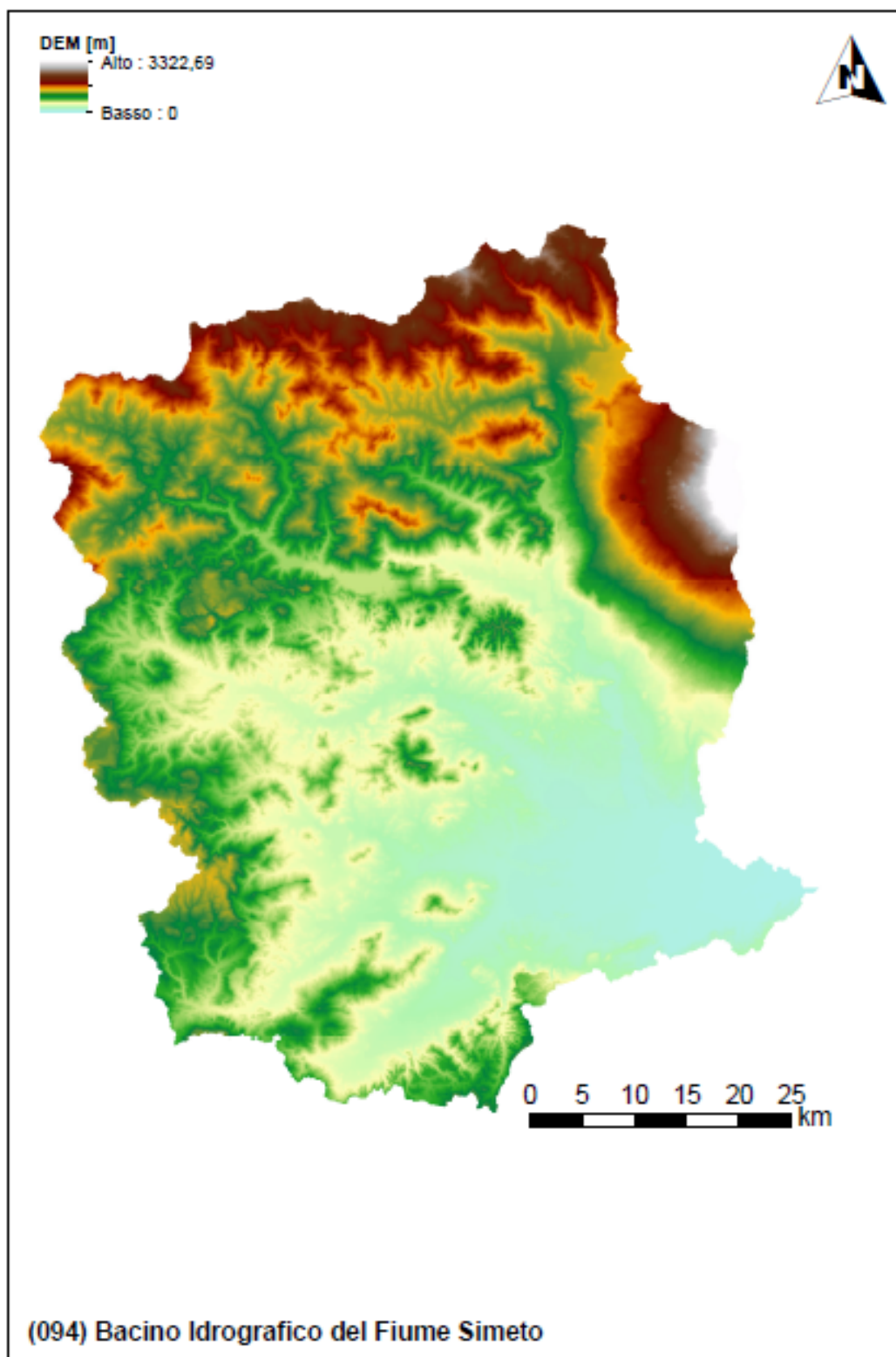


Figura 2 Modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

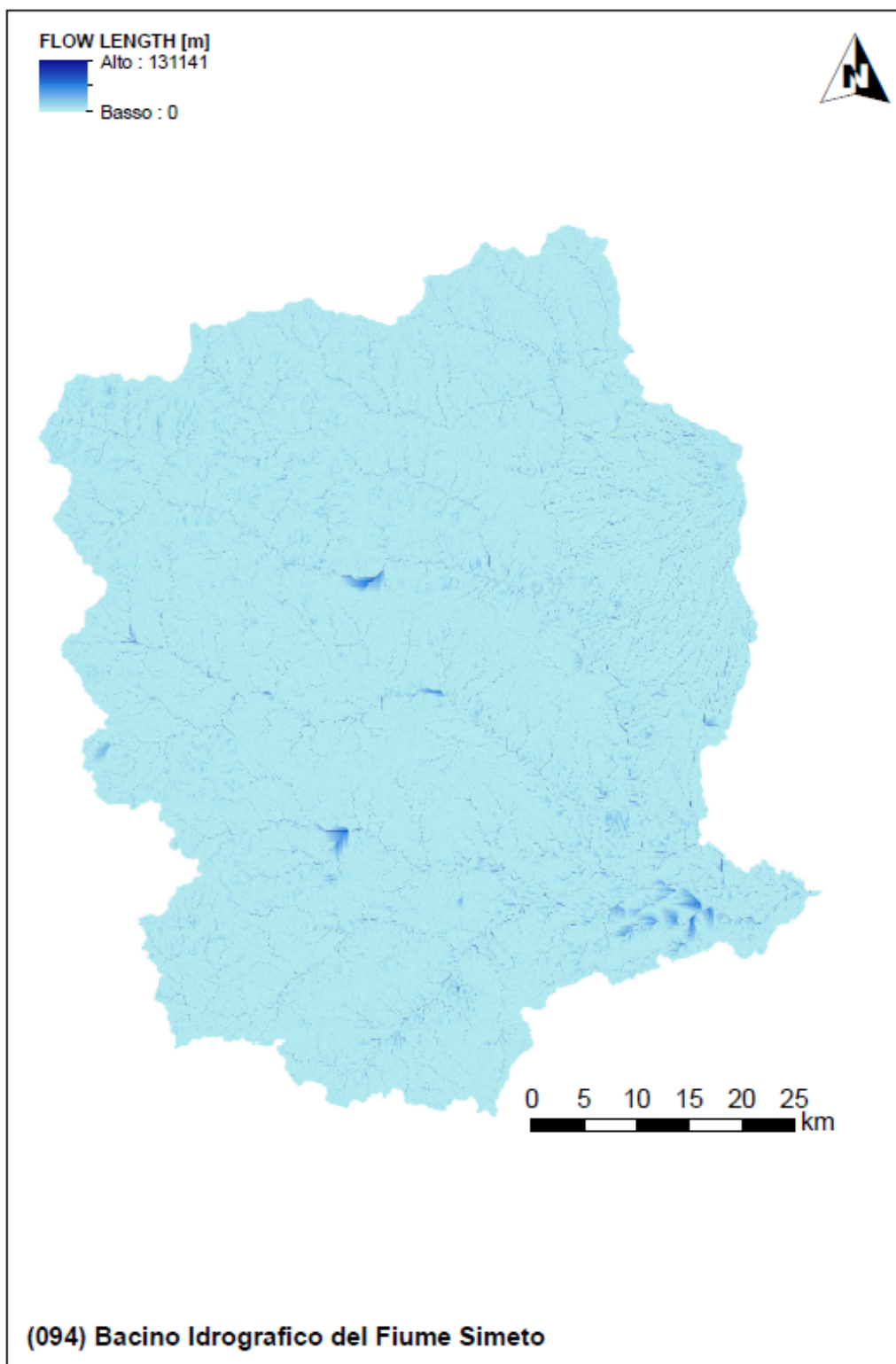


Figura 3 Lunghezze dei percorsi di drenaggio sulla base del modello digitale delle elevazioni

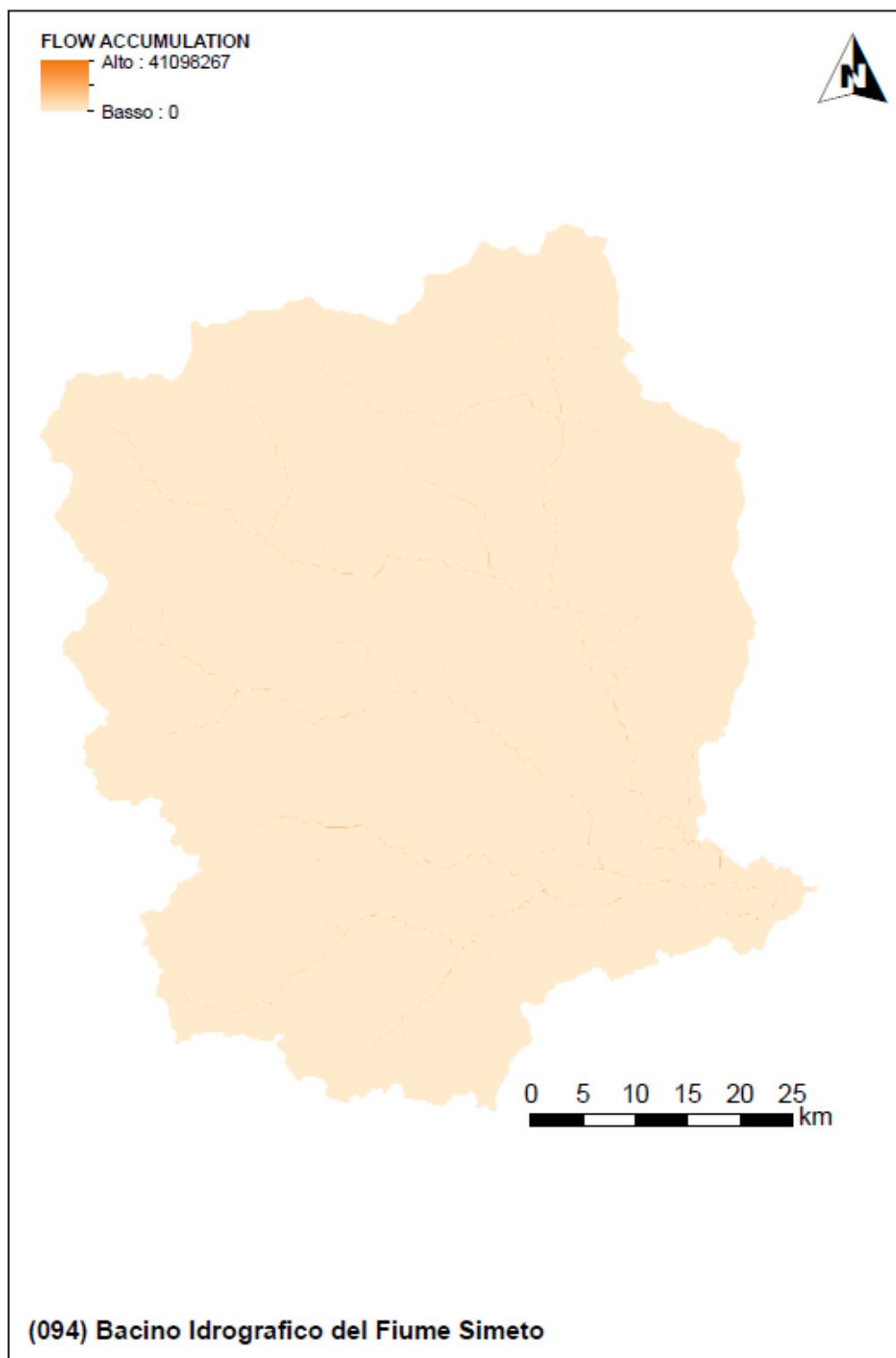


Figura 4 Funzione Flow Accumulation del bacino

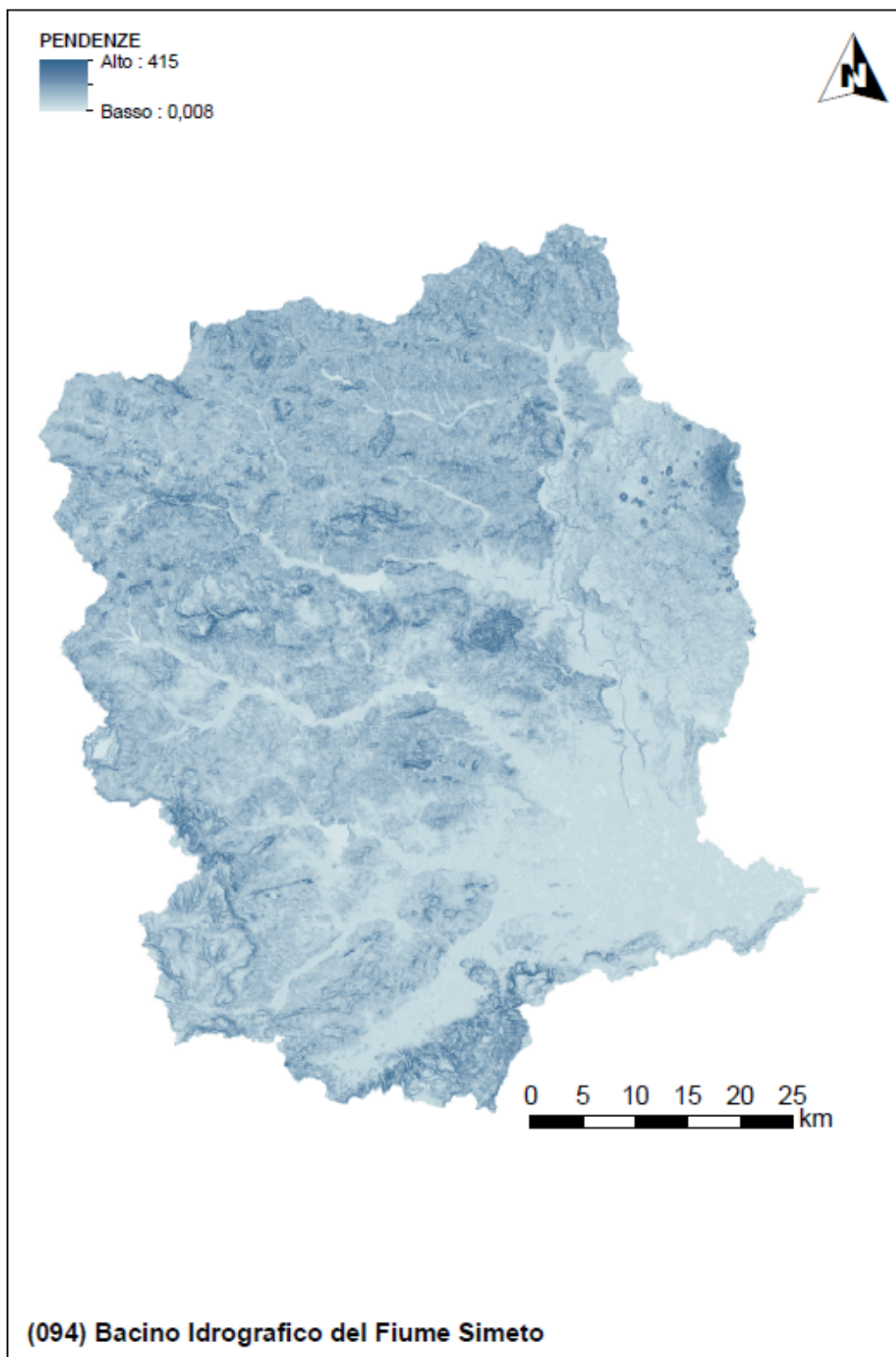


Figura 5 Carta delle pendenze [%] sulla base del modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

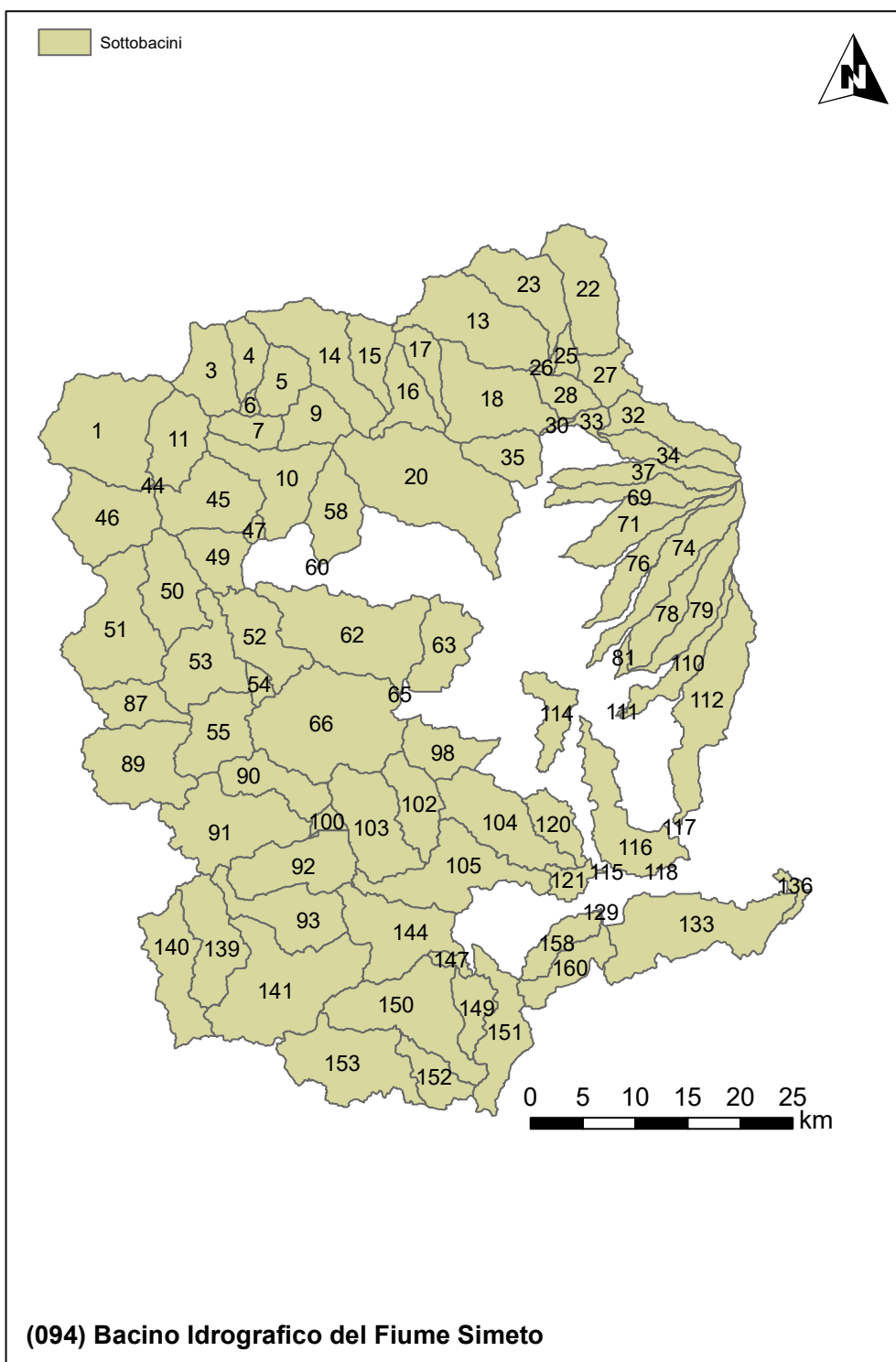


Figura 6 Delimitazione dei sottobacini sulla base delle caratteristiche morfologiche e della densità di drenaggio

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 tratti fluviali interessati da bacini drenati superiori a 500 km² non sono stati considerati nell'analisi delle piene lampo ma solo in quella successiva sulle piogge di maggiore durata.

I tempi di ritorno risultano intermedi (in generale compresi tra 20 e 30 anni) e molto variabili sul territorio anche in ragione della vasta area coperta dal bacino. Le aree in sinistra idraulica più prossime all'Etna e ai Nebrodi sono caratterizzate da tempi di ritorno maggiori; le aree in destra idraulica e della piana di Catania evidenziano tempi di ritorno più bassi. Lo scenario di medio termine vede una generale riduzione dei tempi di ritorno incidendo negativamente sul rischio di piene lampo nel bacino e sulla sua progressione nel tempo.

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 km²).

Per nessuna durata il trend si manifesta costantemente significativo su tutto il territorio del bacino (con livello di significatività pari a 0.05): per le durate di 1h e 12h la maggior parte del bacino evidenzia trend significativi mentre negli altri casi meno della metà del bacino evidenzia trend con idoneo livello di significatività. Il trend, quando significativo, è positivo anche se talvolta di modesta entità. Solamente nell'area della foce si riscontrano trend negativi che, tuttavia non manifestano il loro impatto sull'interno bacino

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 2012 – 2019, allo scenario di medio termine (2050). I dati mostrano un consumo di suolo significativo nei sottobacini più prossimi alle aree urbane sebbene con livelli abbastanza modesti di suolo del bacino già consumato. Ovviamente i sottobacini montati 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 con ratei di crescita annui maggiori nelle aree già maggiormente urbanizzate e talvolta anche ragguardevoli. Nella media, il bacino segue l'andamento delle aree rurali con una crescita media del consumo di suolo attorno al 1.5%.

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

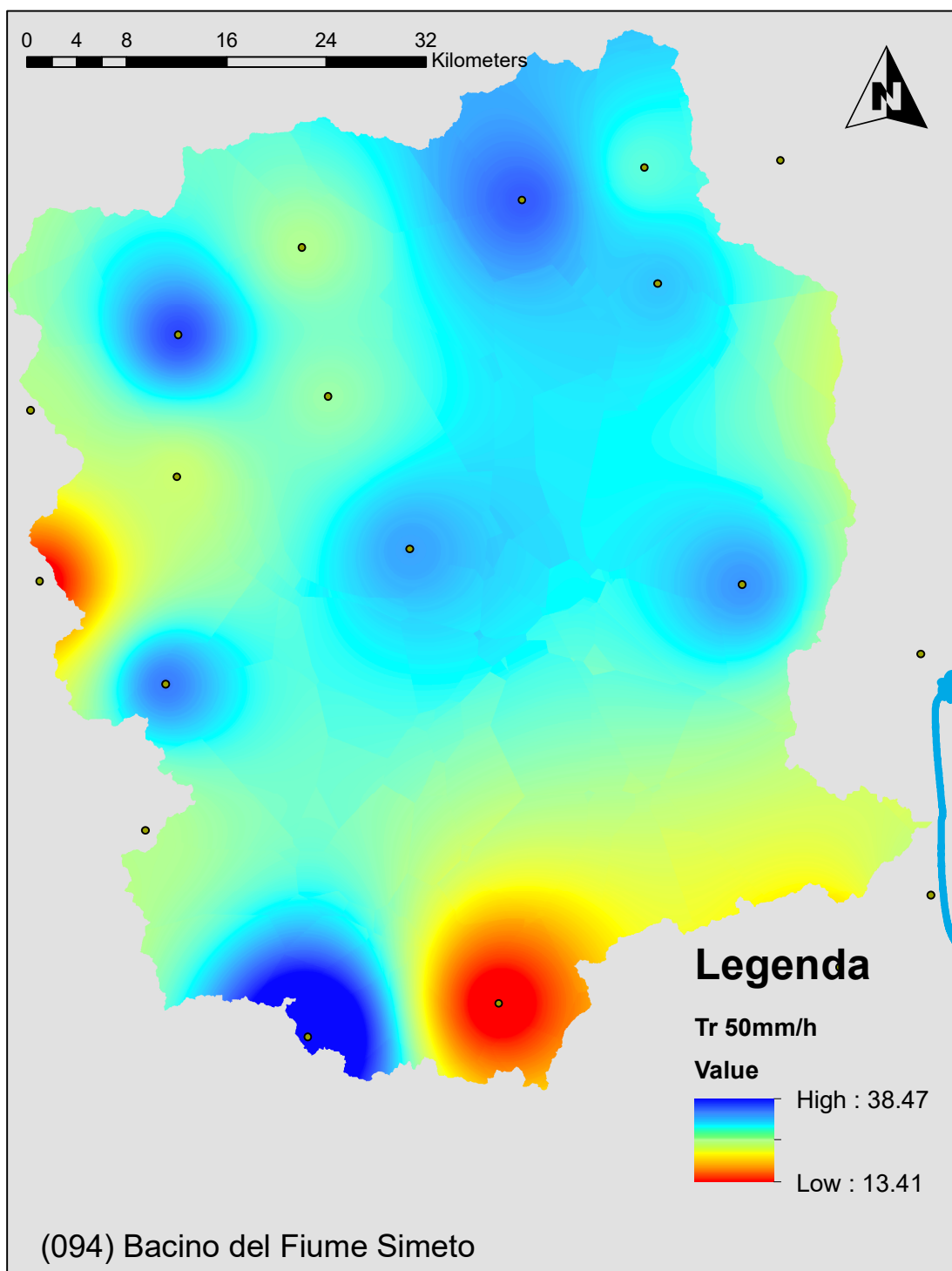


Figura 7 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario attuale (anni)

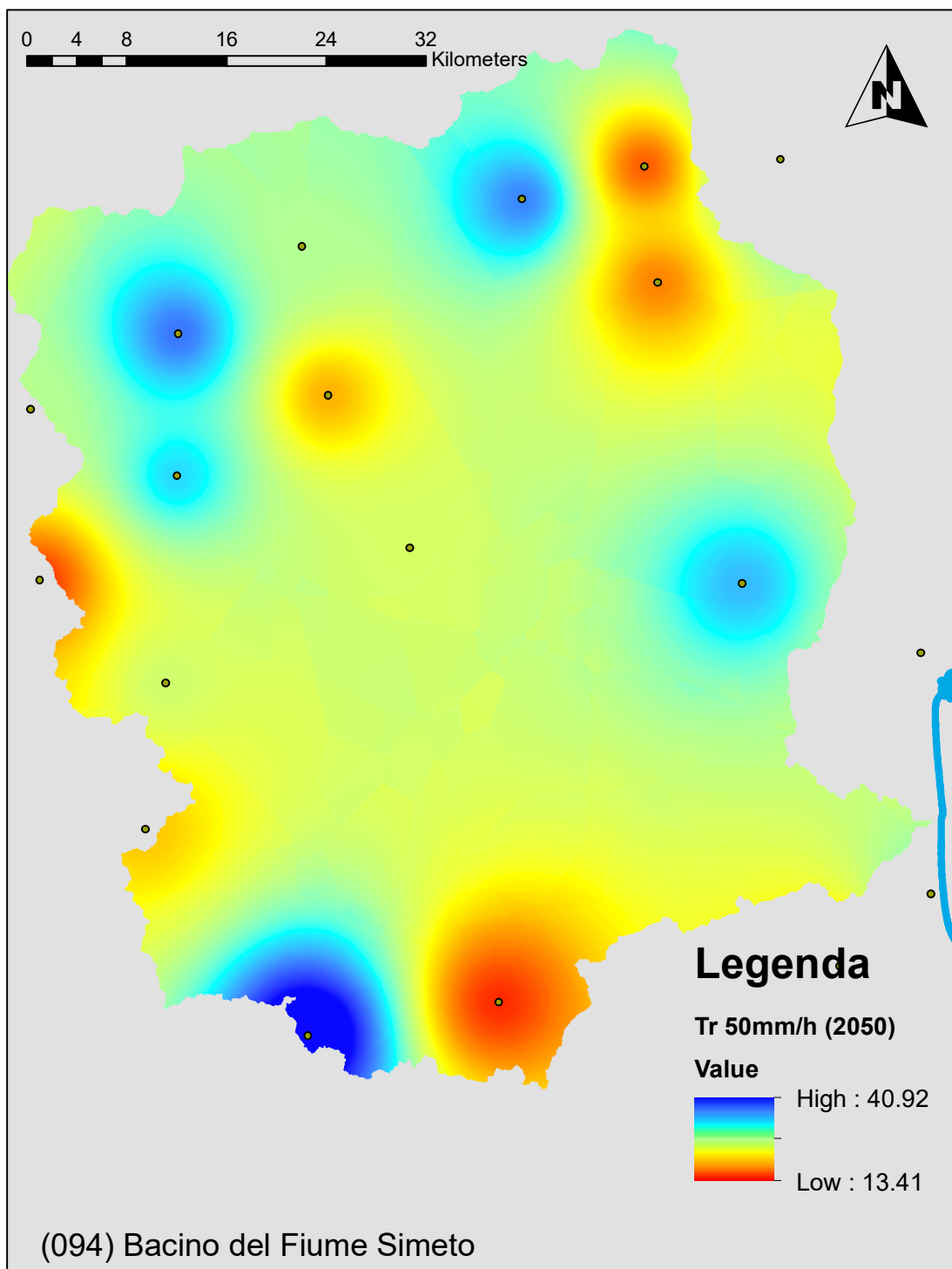


Figura 8 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario di medio termine al 2050 (anni)

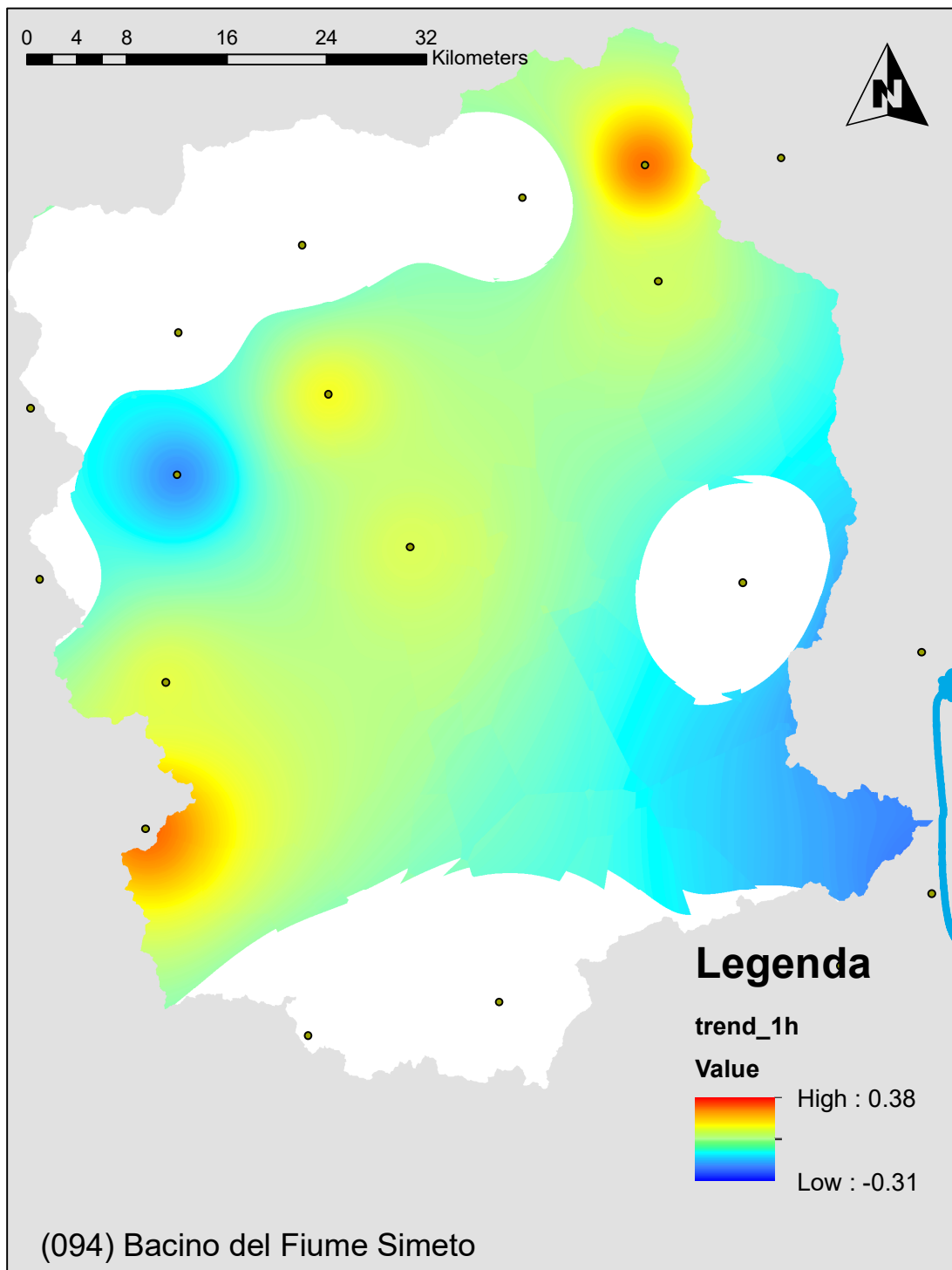


Figura 9 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 1 h (mm/anno)

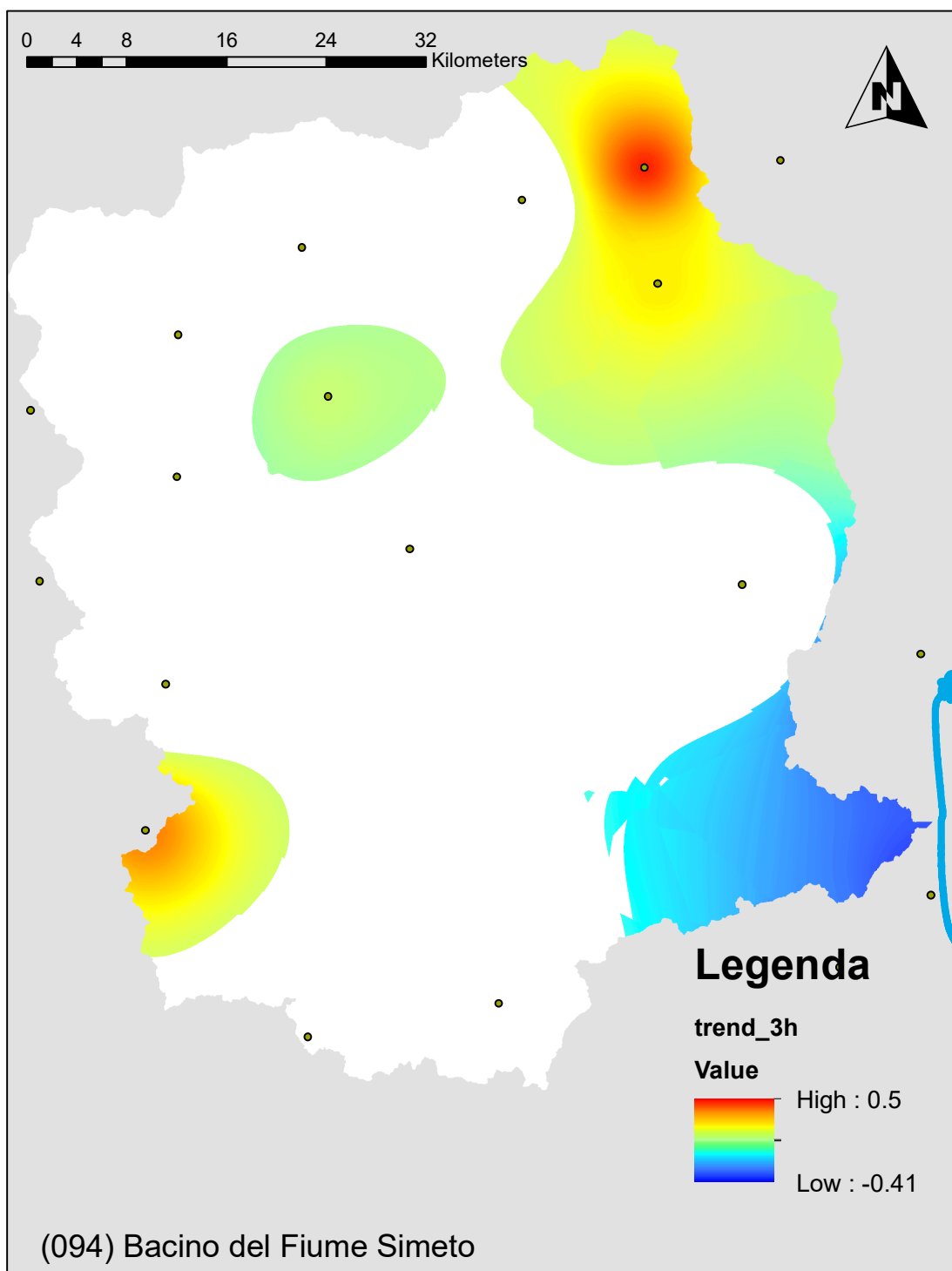


Figura 10 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 3 h (mm/anno)

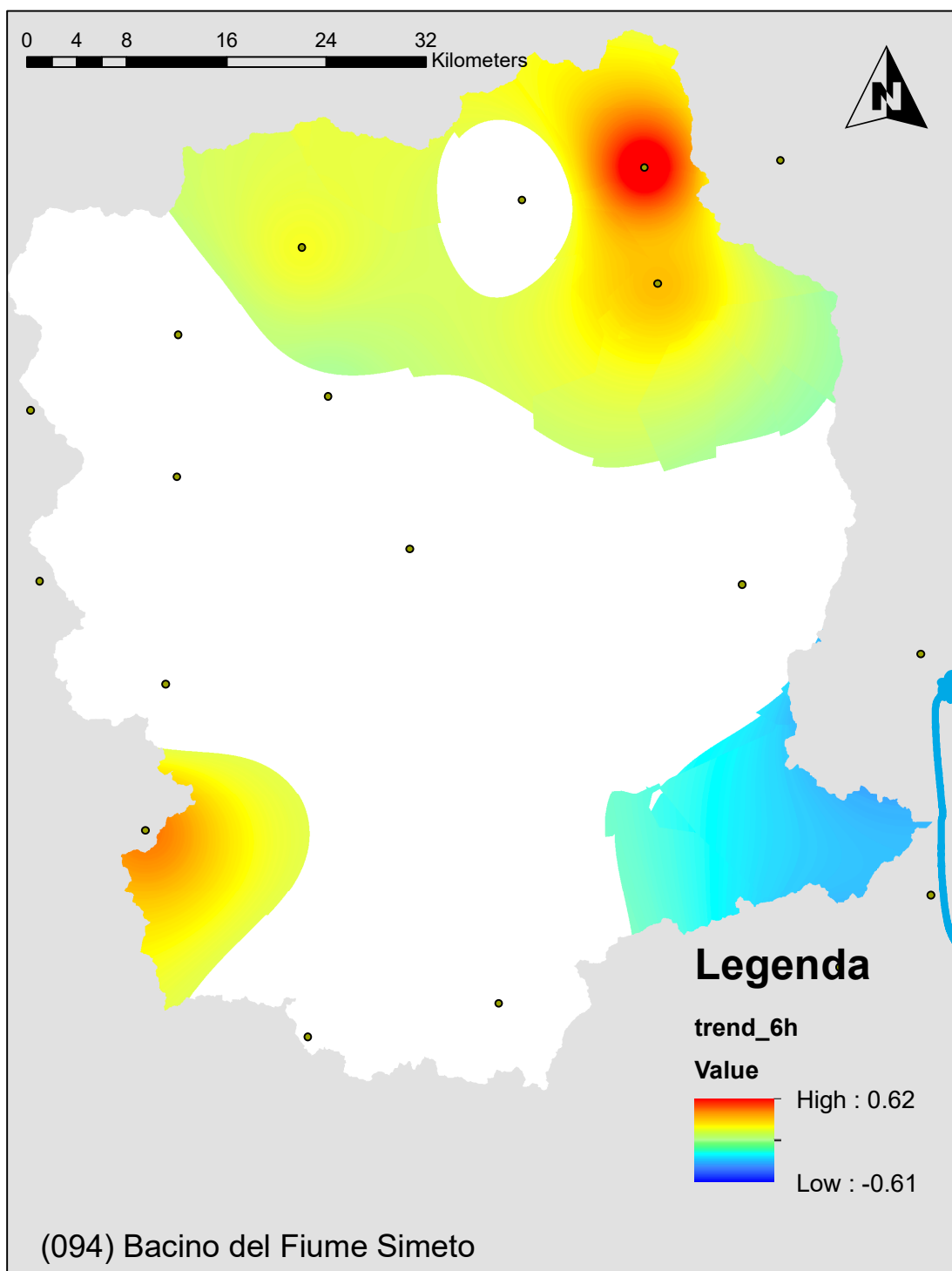


Figura 11 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 6 h (mm/anno)

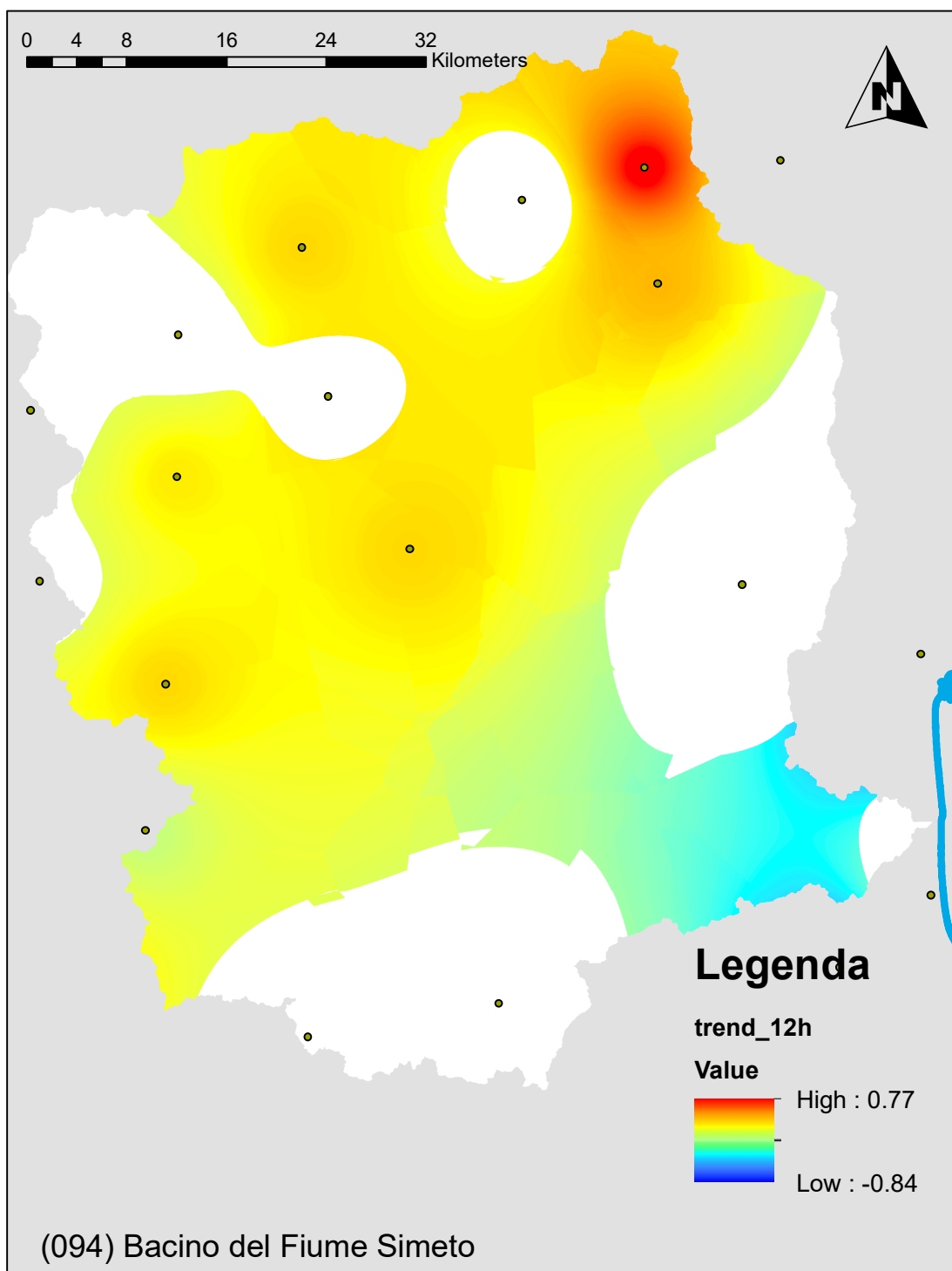


Figura 12 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 12 h (mm/anno)

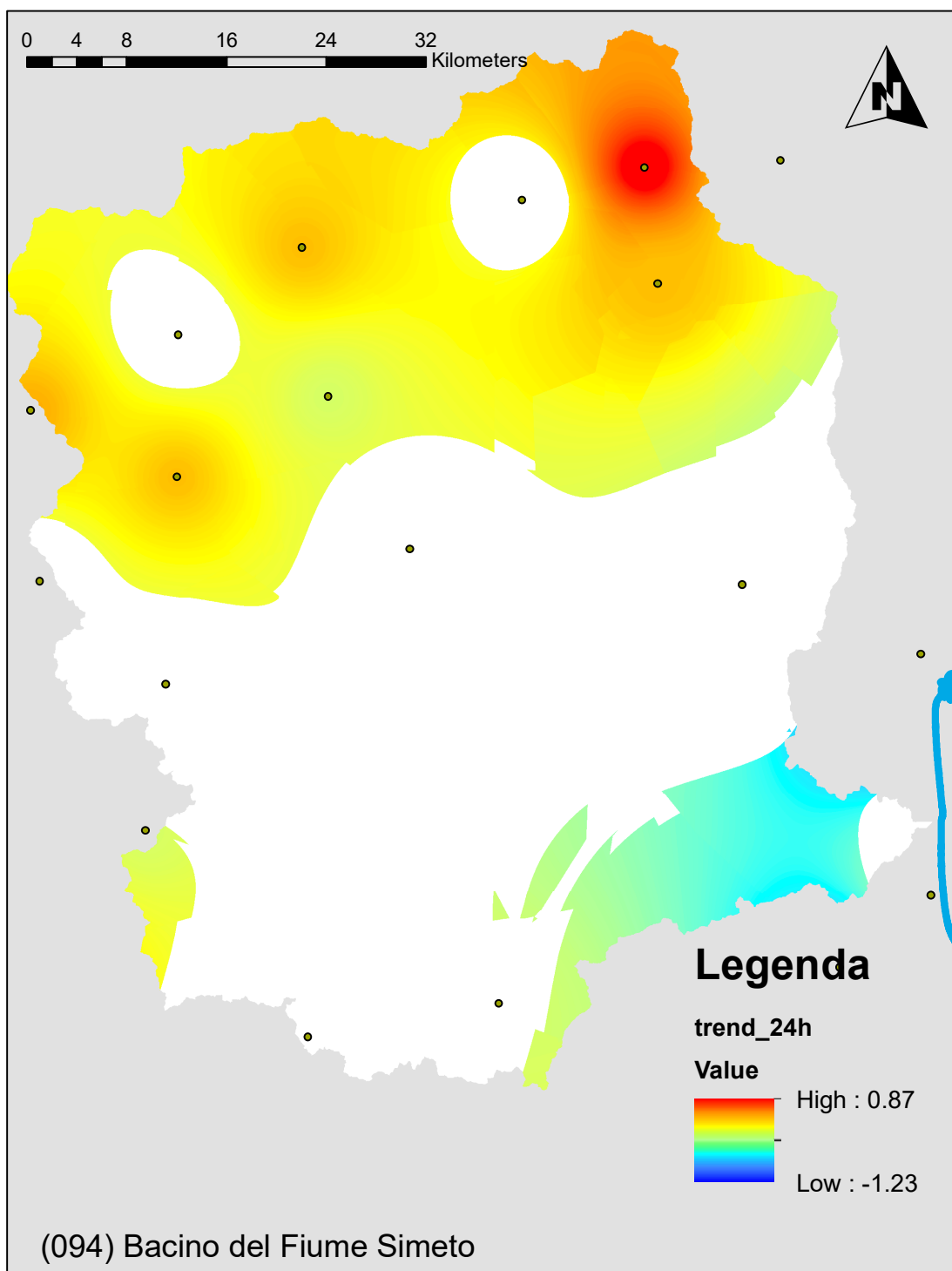


Figura 13 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 24 h (mm/anno)

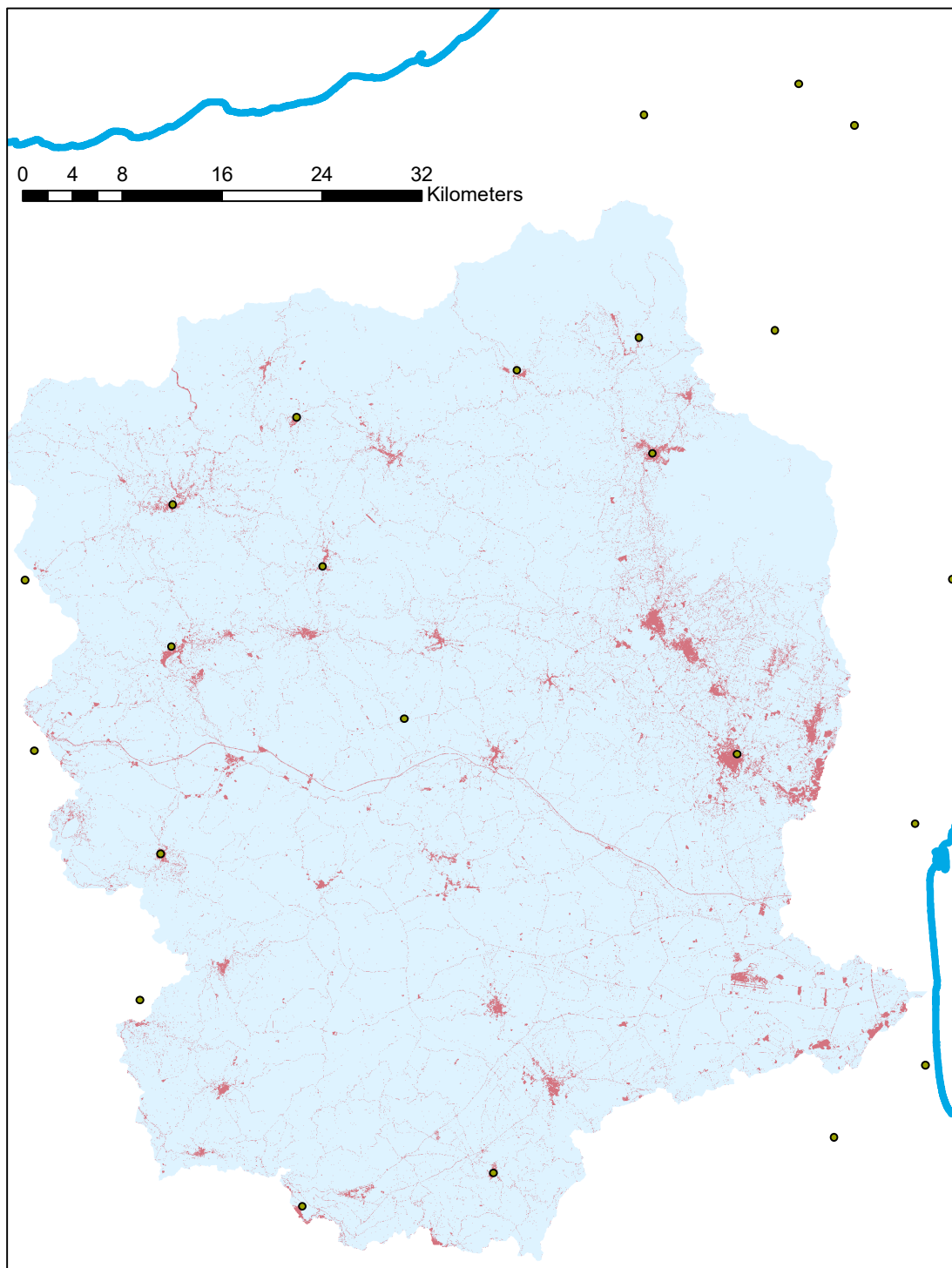


Figura 14 Suolo consumato al 2019 (-)

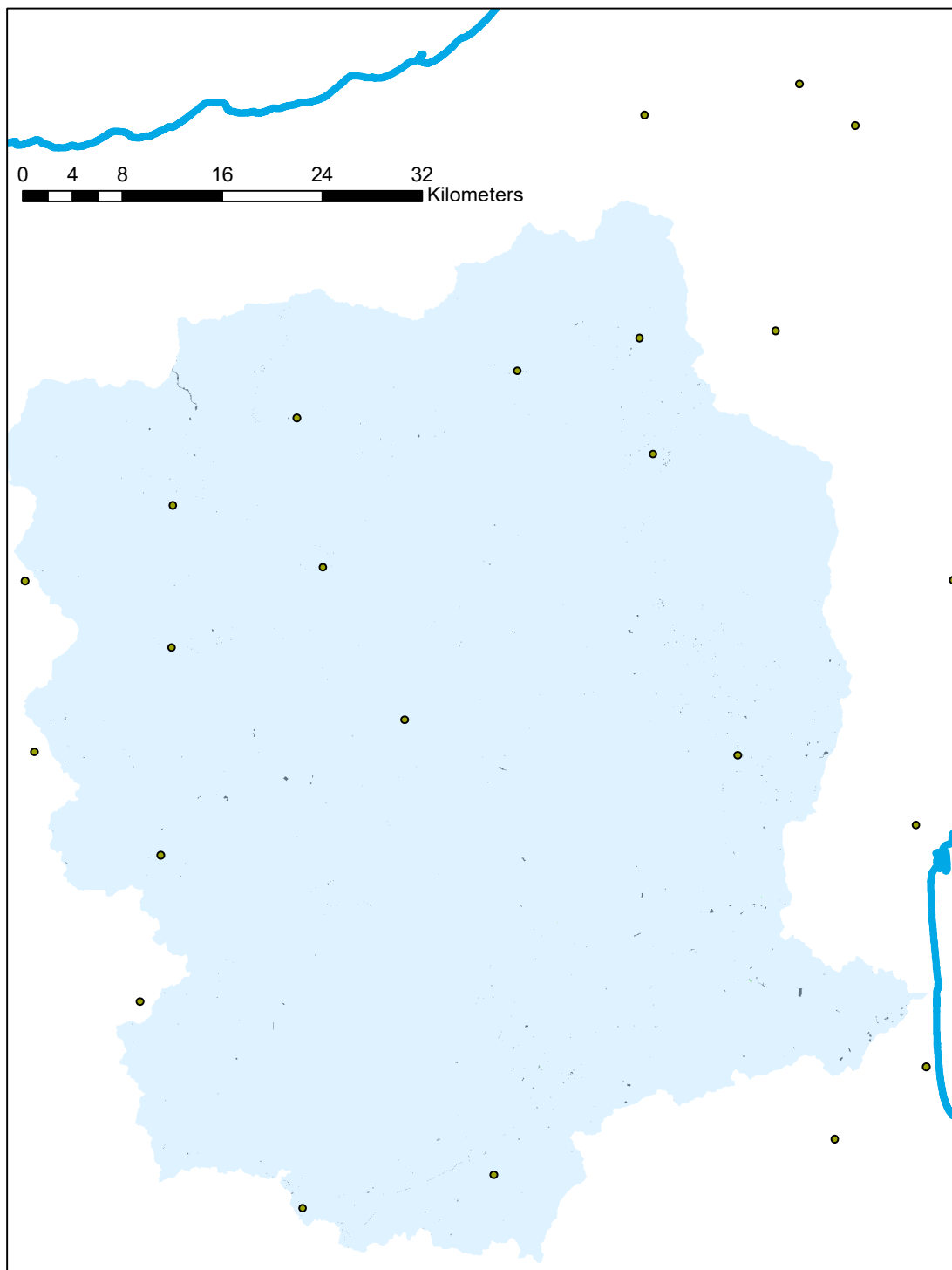


Figura 15 Variazione del suolo consumato nel periodo 2012 – 2019: in verde le aree ripristinate a suolo naturale; in nero le aree consumate nel periodo di riferimento (-)

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 km² – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 3 a 5 km² – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 5 a 7 km² – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 7 km² – 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 [Km²], Area del bacino idrografico
- L [Km], Lunghezza dell'asta principale
- Q_{max} [m], Quota massima del bacino idrografico
- Q_{med} [m], Quota media del bacino idrografico
- Q_{min} [m], Quota minima del bacino idrografico
- CN [0-100], Curve Number
- D_{max} [Km], Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- i_b [m/m], Pendenza media del bacino idrografico
- i_a [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 montani del versante meridionale dei Nebrodi e del versante occidentale dell'Etna che sono caratterizzati da maggiori pendenze e piccole lunghezze dei percorsi di deflusso. I fattori climatici sono discriminanti tra i sottobacini essendo presenti tutte le classi di suscettibilità: dalla classe 4 presente soprattutto nella porzione meridionale del bacino alla classe 1 presente nella porzione settentrionale del bacino. Il consumo di suolo sia la 2020 che al 2050 ricade nelle classi 1 e 2 a cui corrispondono, rispettivamente, percentuali minori del 10% e tra il 10 e il 20%. 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 segnando il passaggio di alcuni sottobacini dalla classe 2 alla 3.

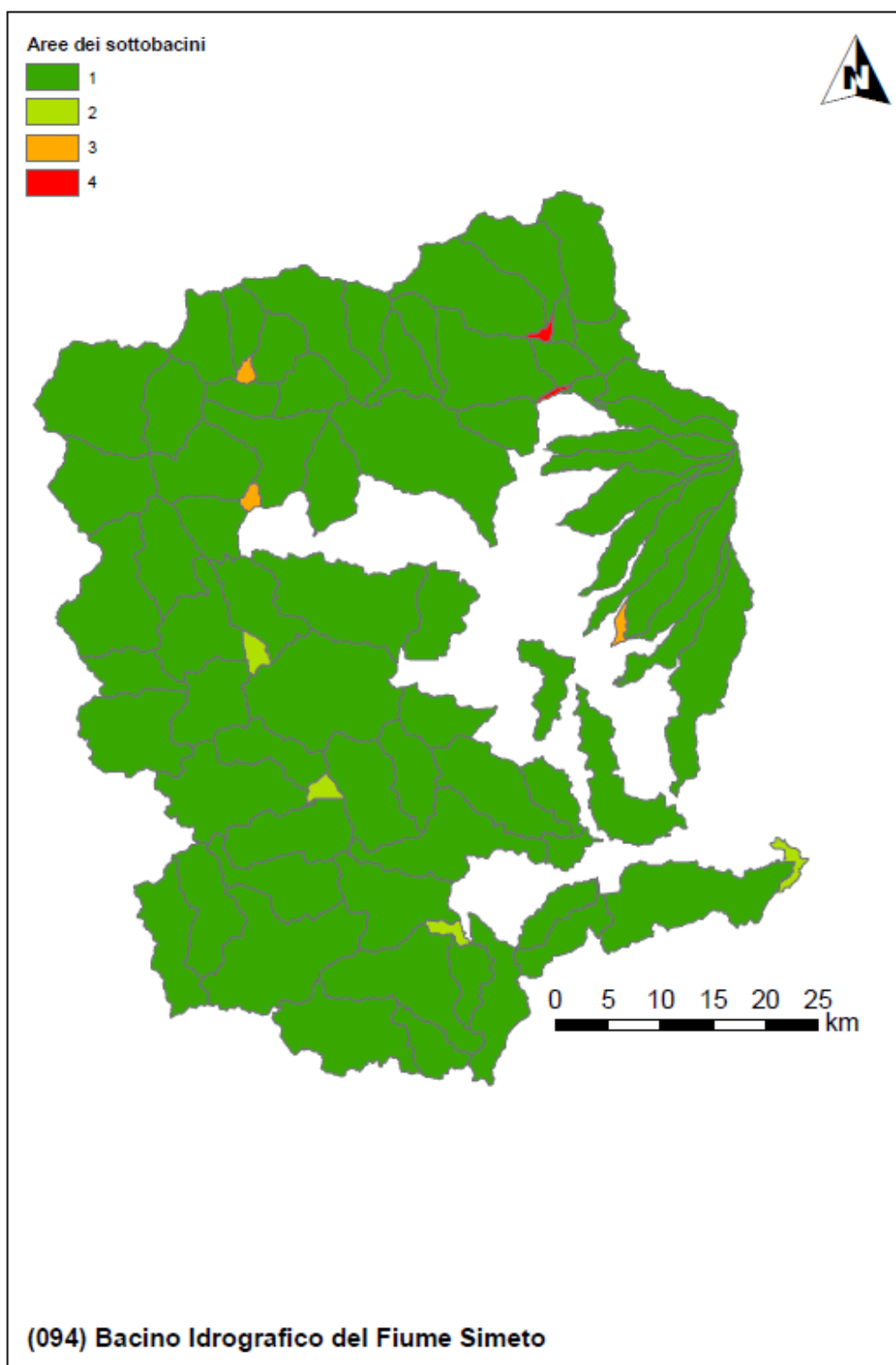


Figura 16 Fattore predisponente alle piene lampo legato all'area del sottobacino drenato

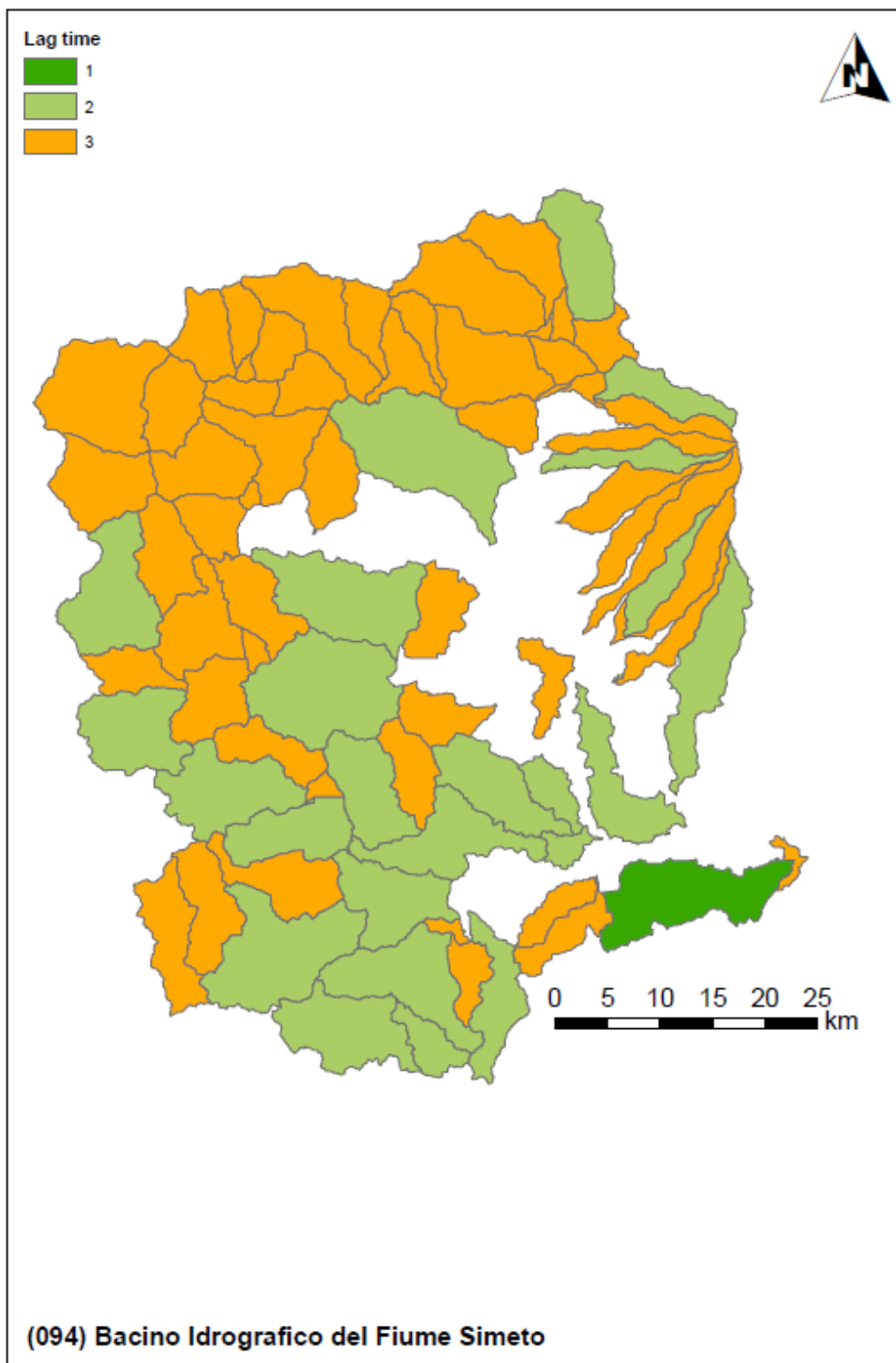


Figura 17 Fattore predisponente legato al tempo di lag del sottobacino drenato

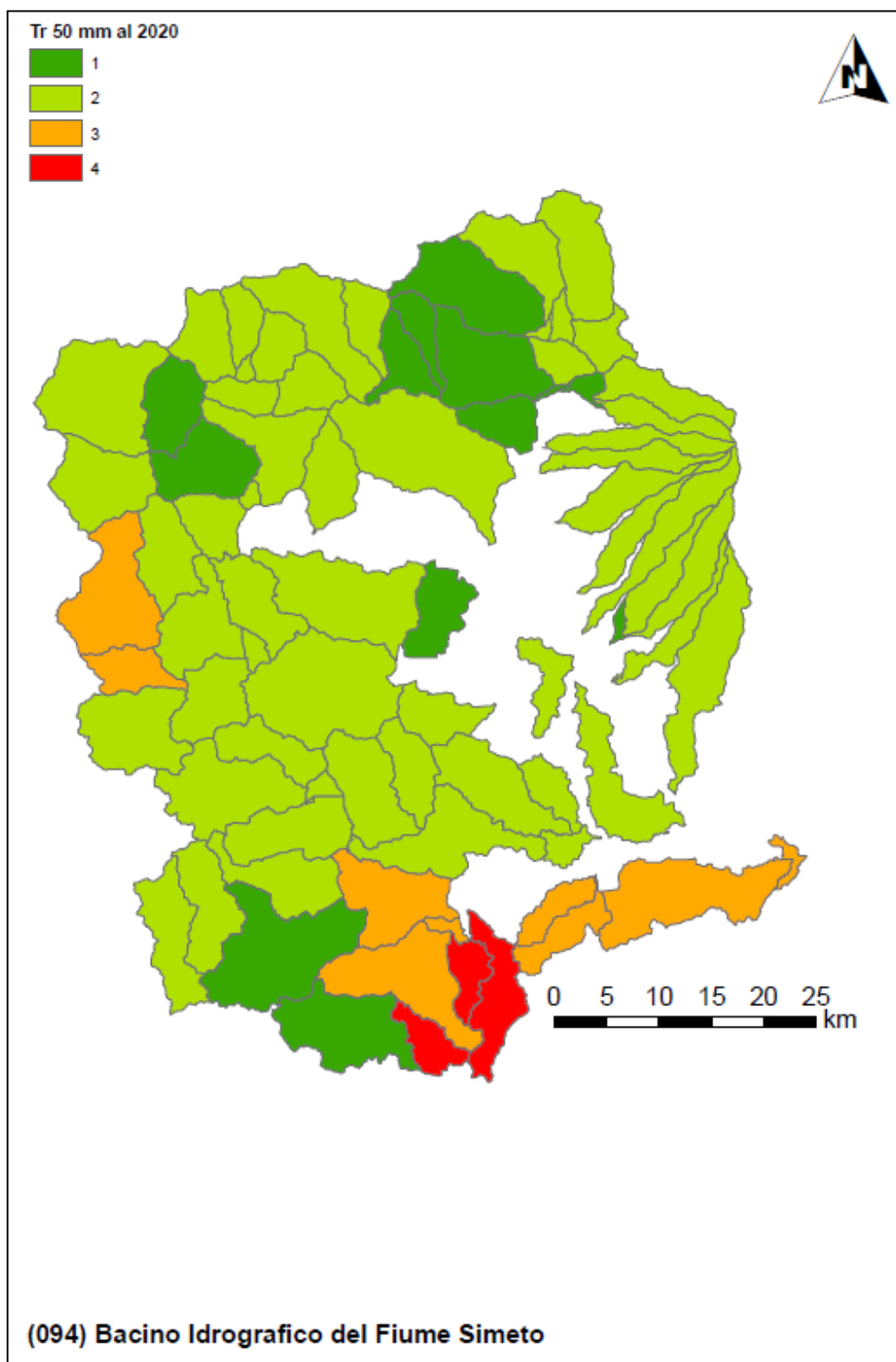


Figura 18 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario Attuale)

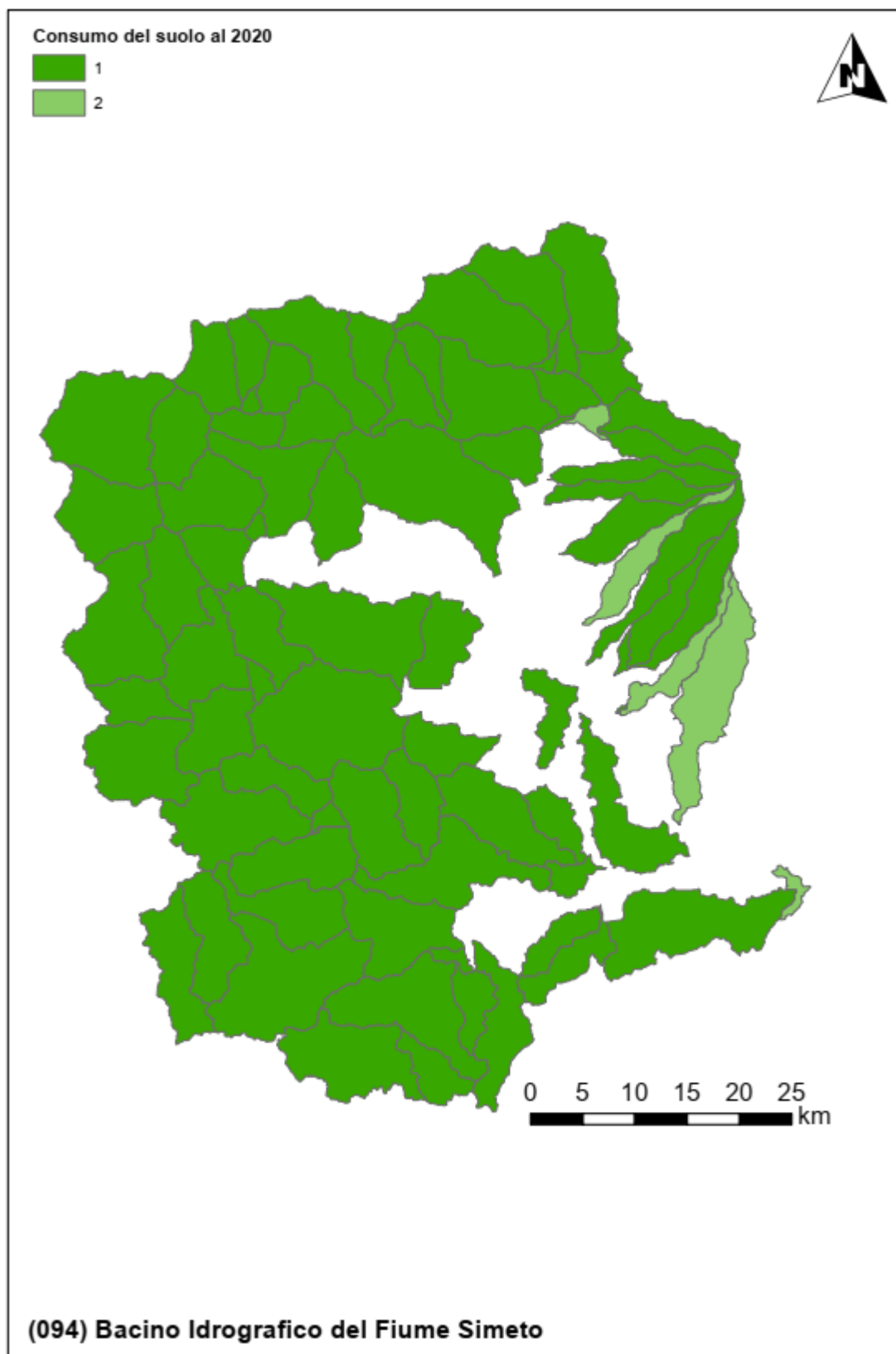


Figura 19 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario Attuale)

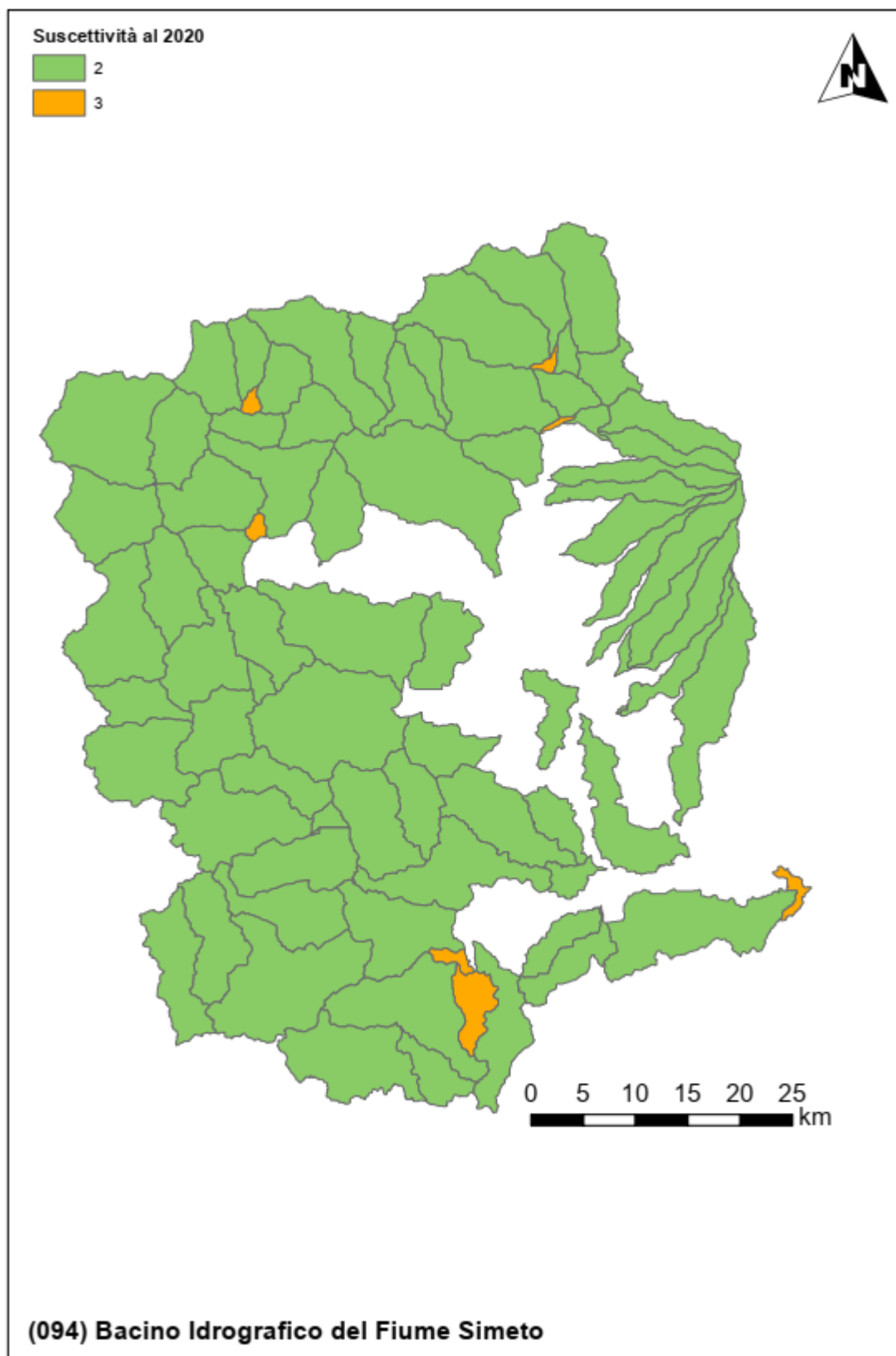


Figura 20 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario Attuale)

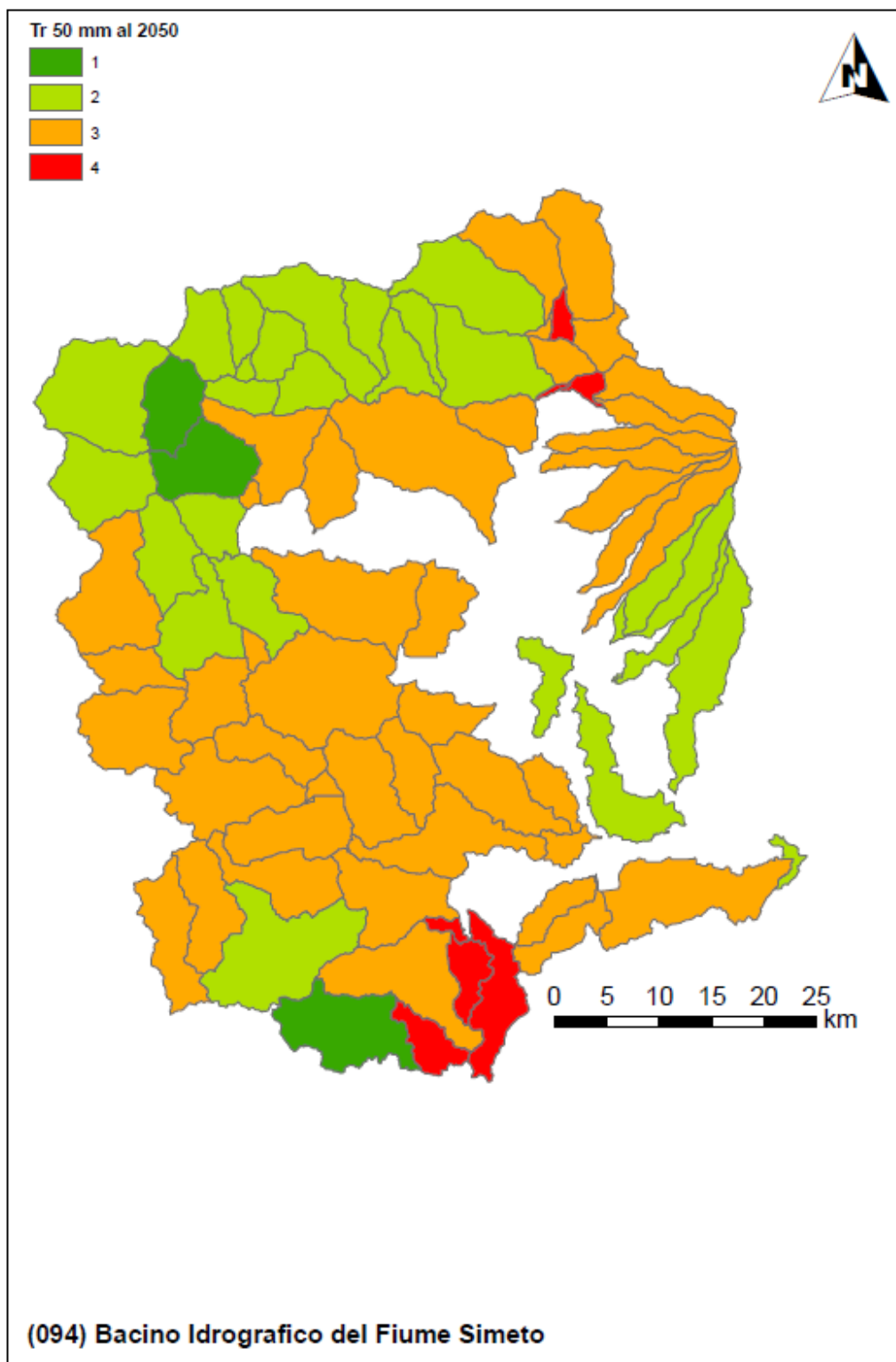


Figura 21 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario al 2050)

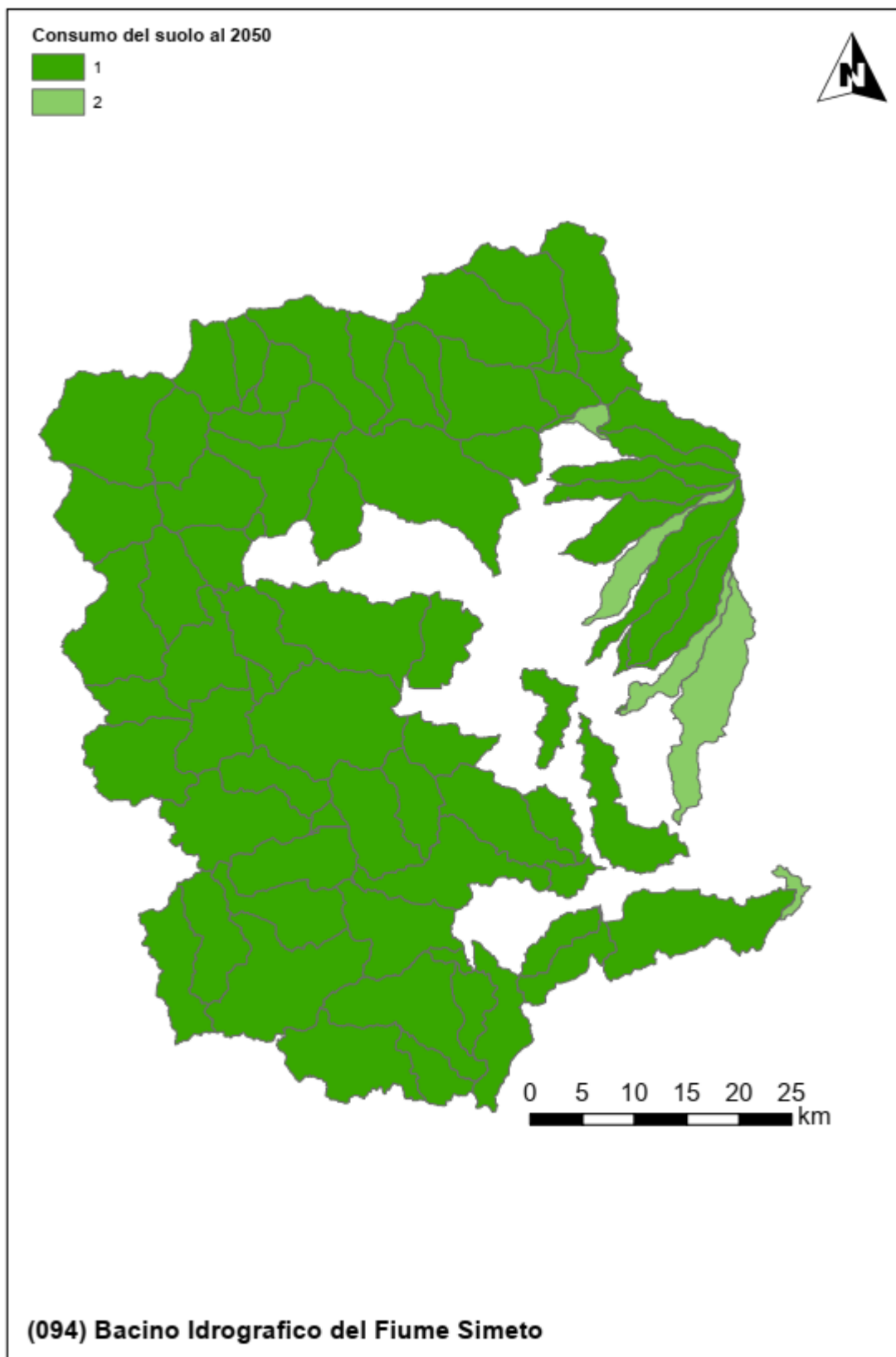


Figura 22 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario al 2050)

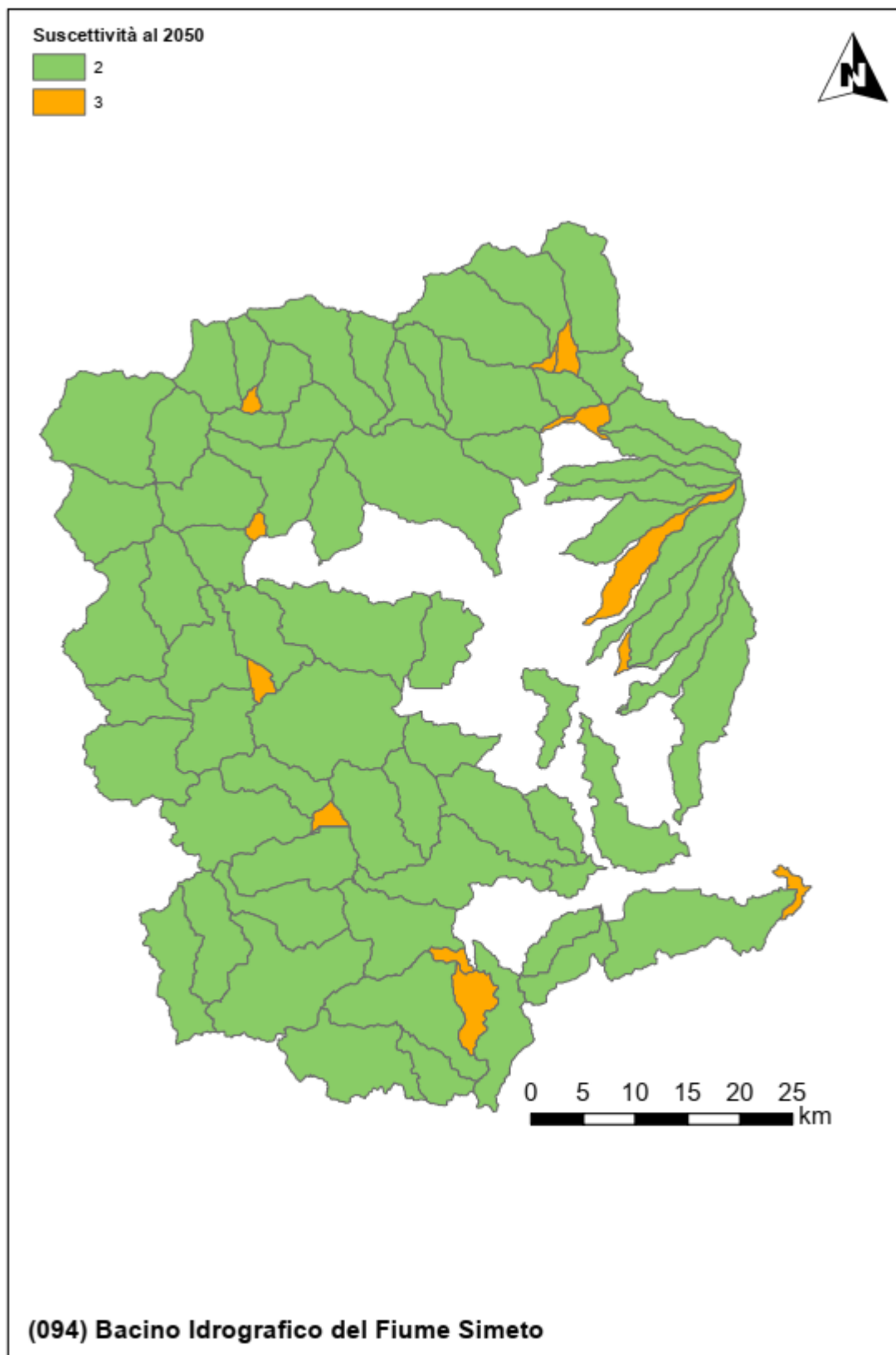


Figura 23 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario al 2050)

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

(094) Bacino Idrografico del Fiume Simeto

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	95.30	1.19	25.47	24.81	1.56	1.60
3	36.81	0.97	25.50	24.63	1.47	4.16
4	20.88	0.92	25.02	24.15	2.93	3.27
5	25.43	0.94	24.35	23.97	3.94	4.13
6	3.27	0.78	24.75	24.24	3.06	3.89
7	18.94	0.92	25.35	24.73	2.77	2.77
9	28.54	0.92	24.43	23.80	2.89	2.96
10	55.05	1.14	25.44	23.14	2.28	2.34
11	40.91	1.01	27.86	27.53	6.01	6.60
13	77.93	1.18	28.06	25.51	1.00	1.11
14	64.96	1.14	25.49	24.23	1.92	2.03
15	26.87	0.95	26.52	24.82	0.48	0.51
16	28.61	0.95	27.21	25.45	1.76	2.00
17	20.25	0.97	28.26	26.82	0.69	0.72
18	69.09	1.10	28.33	25.98	2.43	2.52
20	126.11	1.29	26.42	23.35	2.33	2.41
22	57.90	1.20	26.32	21.36	0.95	0.96
23	47.59	1.19	26.98	22.69	1.00	1.03
25	7.88	0.85	25.85	18.06	7.07	7.80
26	2.74	0.75	26.51	20.36	4.48	4.92
27	21.62	1.02	26.12	20.11	6.02	6.52
28	17.89	0.89	26.83	20.06	3.30	3.58
30	1.58	0.76	27.19	19.49	4.13	4.13
31	25.30	0.92	27.18	18.73	10.43	11.19
32	35.50	1.26	25.73	21.87	2.51	2.56
33	7.14	0.73	27.21	18.30	10.28	11.37
34	23.39	0.73	25.57	21.07	0.78	0.91
35	28.33	0.92	27.19	22.62	1.54	1.54
36	1.63	0.94	27.03	20.53	2.18	2.18
37	28.71	1.02	25.80	20.66	1.71	1.71
38	9.46	0.89	26.91	21.73	1.50	1.50
44	0.06	0.70	28.34	28.26	0.00	0.00
45	54.05	1.10	27.68	27.19	4.79	4.88
46	59.69	1.09	24.82	24.82	1.72	1.79
47	3.60	0.83	25.38	23.12	1.49	1.49
48	34.12	1.05	24.85	21.40	4.79	4.87
49	30.17	0.98	24.95	25.65	2.82	3.26
50	46.46	1.03	23.72	26.41	6.63	6.68
51	80.61	1.24	21.58	21.97	3.23	3.34

52	43.95	1.08	24.89	23.90	2.56	2.64
53	54.14	1.15	23.90	24.11	4.52	4.60
54	6.87	0.92	25.20	23.34	7.06	9.73
55	44.08	1.14	26.32	22.72	4.58	5.33
58	39.20	1.03	24.86	20.57	3.39	3.48
60	107.45	1.39	26.22	22.37	2.79	2.88
61	48.61	1.11	26.54	23.11	3.09	3.11
62	98.15	1.38	26.76	22.64	2.78	2.80
63	37.52	1.10	27.18	22.89	1.82	1.82
64	67.60	1.32	26.67	23.19	4.92	5.17
65	6.31	0.86	27.22	22.68	4.12	4.12
66	120.22	1.63	26.38	22.86	2.11	2.44
69	27.81	1.37	25.88	21.05	1.72	1.78
70	17.12	1.31	26.58	21.44	5.23	5.27
71	35.63	1.14	25.89	22.01	5.08	5.34
72	23.89	1.09	26.30	22.62	10.60	11.64
74	46.02	1.18	24.99	23.23	4.48	4.59
75	17.87	0.96	26.25	23.65	17.93	18.52
76	30.19	1.08	25.59	23.17	13.69	14.07
77	44.88	1.03	26.49	24.41	5.24	5.46
78	28.20	1.23	26.17	25.11	9.12	9.40
79	36.05	1.17	25.23	24.32	8.28	8.94
80	10.30	0.92	26.98	26.04	6.17	6.66
81	3.19	0.91	27.27	26.64	6.22	6.25
82	16.46	1.03	27.53	27.12	10.53	10.69
87	28.24	0.94	21.83	20.33	3.43	3.60
89	67.69	1.23	25.43	21.60	4.46	4.55
90	35.53	1.09	25.87	22.50	3.02	3.25
91	77.12	1.26	25.81	21.96	1.48	1.53
92	54.29	1.21	25.07	22.33	1.96	2.00
93	50.18	1.12	25.15	22.85	2.06	2.22
97	28.44	1.13	25.75	23.49	1.72	1.74
98	32.11	1.05	26.40	23.00	1.77	1.77
100	5.86	0.97	25.49	22.74	1.42	1.68
102	34.26	1.03	25.44	22.74	6.41	6.44
103	58.13	1.32	25.31	22.78	1.12	1.13
104	60.89	1.39	24.87	22.85	1.77	2.05
105	68.85	1.42	23.95	22.36	3.83	3.97
110	24.54	1.04	26.94	26.62	14.22	14.48
111	77.23	1.69	25.96	25.48	6.48	7.16
112	75.83	1.21	25.41	25.17	15.31	16.50
114	23.14	1.02	25.95	24.03	1.63	1.64
115	42.10	1.48	25.20	23.76	2.60	3.02
116	56.08	2.00	24.42	23.74	3.26	3.44
117	2.16	1.01	23.81	23.61	8.93	11.10
118	21.13	2.12	23.18	23.11	7.28	8.27
120	21.85	1.42	24.58	23.14	1.33	1.93
121	11.68	1.41	23.52	22.60	2.21	2.23
122	6.48	1.47	23.30	22.76	1.85	1.86
125	17.05	3.78	22.76	23.12	6.30	6.75

126	11.40	1.98	22.83	22.65	14.41	20.33
127	17.87	1.35	22.71	21.76	2.43	2.67
128	12.55	1.73	22.87	22.40	2.02	2.15
129	0.15	0.68	22.66	22.17	11.63	11.88
130	44.41	1.36	22.34	21.28	6.13	7.11
133	90.49	2.57	22.14	22.15	5.00	5.90
136	6.00	1.17	23.00	23.76	12.47	16.08
139	48.86	1.16	24.75	21.90	3.78	4.02
140	50.20	1.19	24.49	21.89	4.60	4.81
141	106.93	1.42	27.59	26.50	1.73	1.79
144	62.40	1.28	23.43	22.12	1.23	1.28
146	3.98	0.82	21.26	20.35	2.66	2.85
147	5.39	0.89	20.51	19.82	2.92	2.94
149	21.91	1.18	17.37	17.11	2.55	2.79
150	80.77	1.37	20.58	20.16	2.63	2.90
151	45.37	1.35	18.50	18.07	4.06	4.43
152	23.58	1.30	18.32	18.07	2.09	2.55
153	72.92	1.30	28.79	28.51	5.55	6.20
158	21.11	1.20	22.07	21.32	2.35	2.51
160	26.63	1.20	21.56	20.92	3.83	5.21

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 molto variabile sul territorio del bacino: il versante meridionale in destra idraulica sempre poco affetto da variazioni climatiche con trend che possono essere classificati da modesti a moderati in tutto il reticolo idrografico a meno di brevi tratti montani che possono essere classificati con variazione elevata (comunque inferiore al 20% delle piogge corrispondenti al tempo di corrivazione). L'area settentrionale a ridosso delle pendici dell'Etna mostra invece trend elevati o molto elevati (anche superiori al 20%) e globalmente positivi sulle piogge intense e, di conseguenza, è prevedibile che le portate di piena debbano crescere seguendo il possibile sviluppo dell'attuale trend climatico.

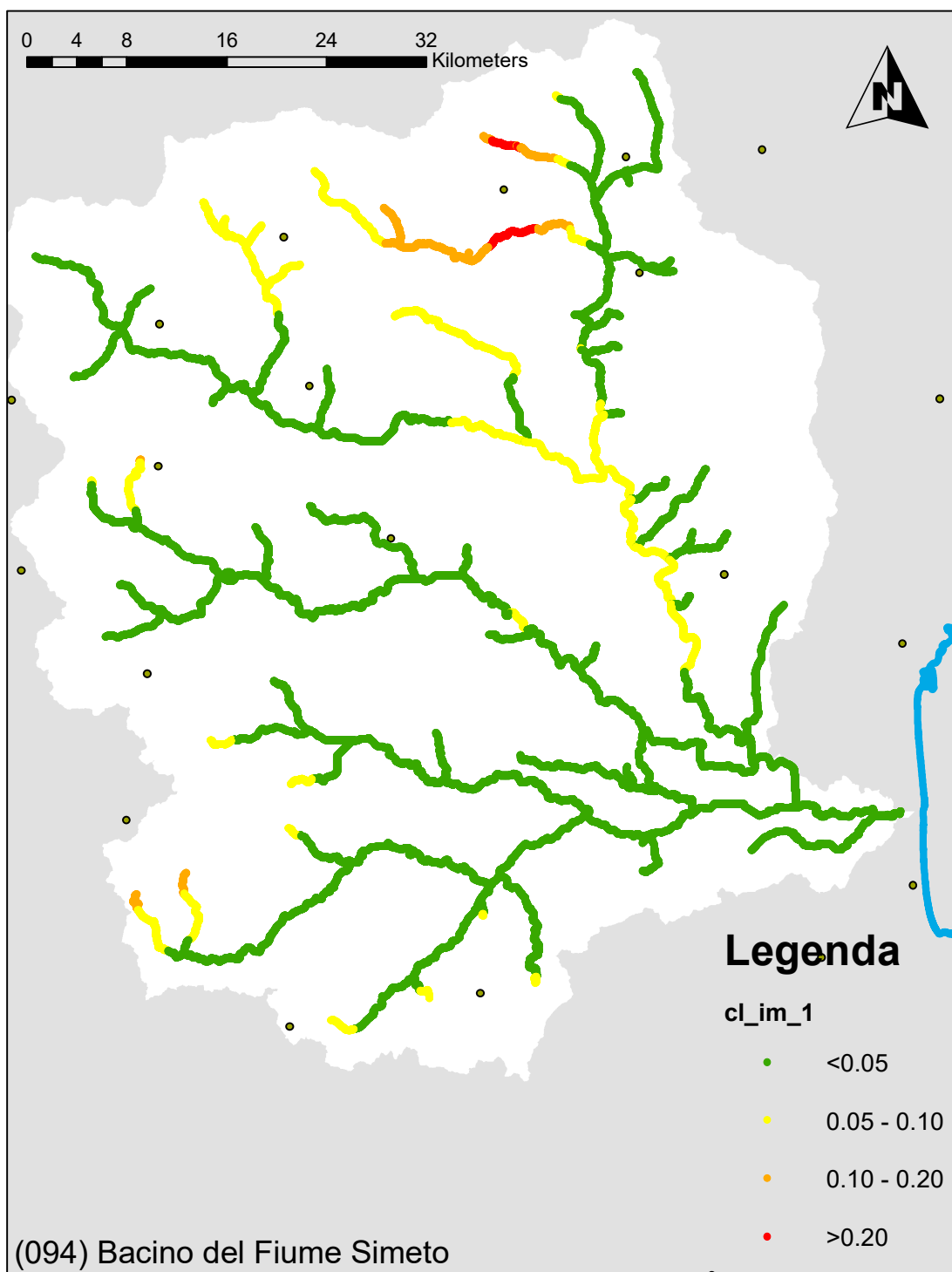


Figura 24 Variazione climatica nel periodo 2020 – 2050 per i picchi annuali di pioggia di massima intensità e durata pari al tempo di corrivazione dell'area drenata

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 alcuni sottobacini posizionati in tutto il bacino e spesso in corrispondenza di aree urbane. Non si riscontrano aree a rischio molto elevato. Tale condizione, sebbene l'analisi evidenzi trend climatici statisticamente significativi ed una progressiva crescita del consumo di suolo, sembra soggetta a modeste variazioni che non portano ad un ulteriore aggravamento dei rischi.

Il quadro d'impatto del cambiamento climatico sui bacini a maggiore tempo di corrivazione evidenzia trend climatici significativi e positivi con una crescita anche molto elevata della media delle piogge di massima intensità e durate paragonabili con i tempi di corrivazione delle aree drenate.

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.

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, allertamento e segnalazione del pericolo nei bacini ad alta suscettibilità** evidenziati dallo scenario attuale e sostanzialmente confermati dallo scenario a medio termine. Sebbene non ci siano aree a suscettibilità molto elevata, alcune tra quelle a suscettibilità elevata sono caratterizzate anche da un significativo consumo di suolo e da una variabilità climatica molto elevata. Tali aree (corrispondenti agli abitati di Bronte, Adrano e Biancavilla) richiedono una cura particolare al fine del monitoraggio delle piene più rapide e legate a tempi di corrivazione bassi (Figura 25).

Tali interventi andranno tarati sulla previsione di eventi di breve e brevissima durata che maggiormente influiscono sul rischio di piene lampo.

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 maggiore variazione climatica (in arancione e rosso in figura 24) e nei bacini da essi drenati (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.

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.

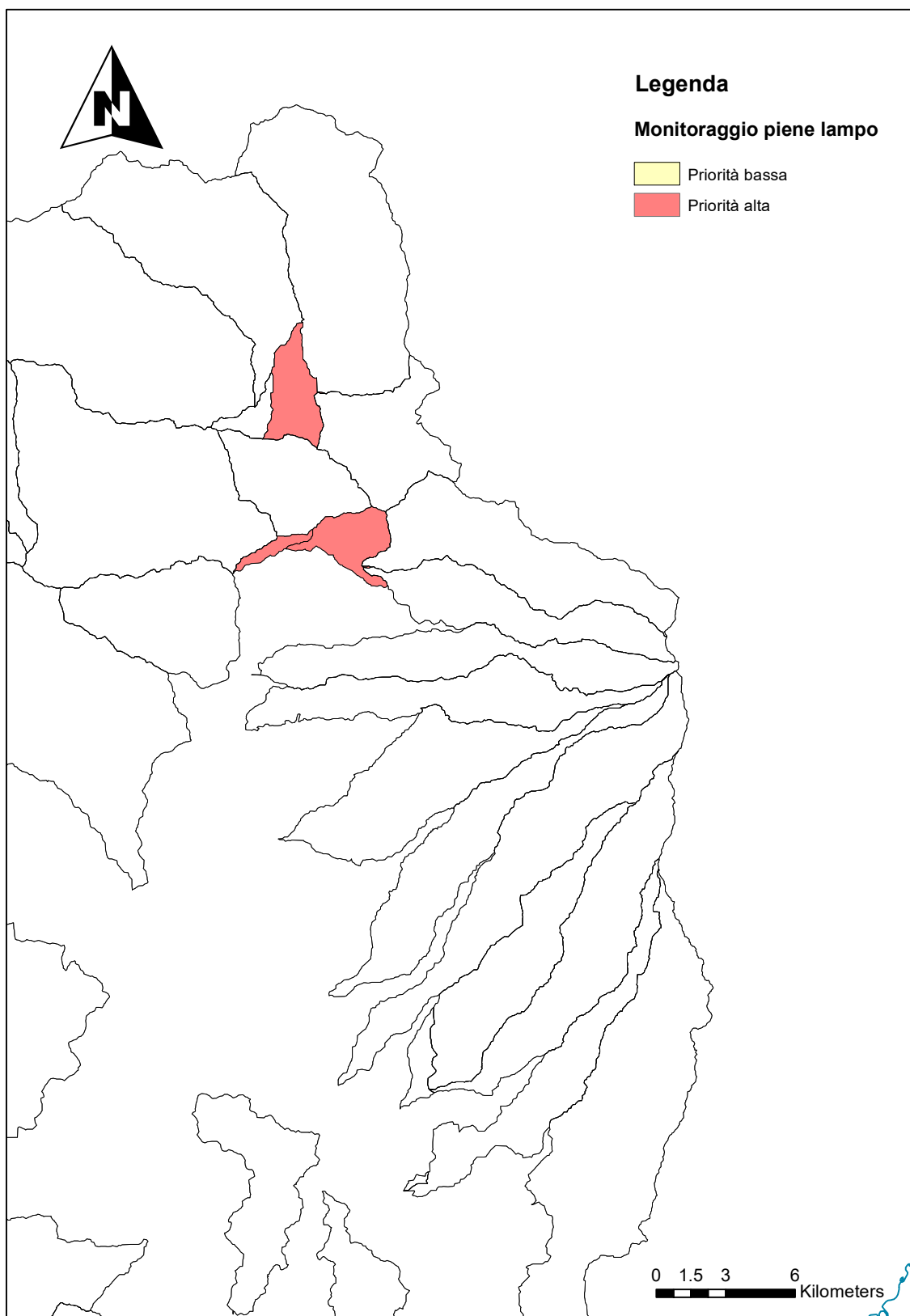


Figura 25 Aree su cui applicare le misure di monitoraggio delle piene lampo

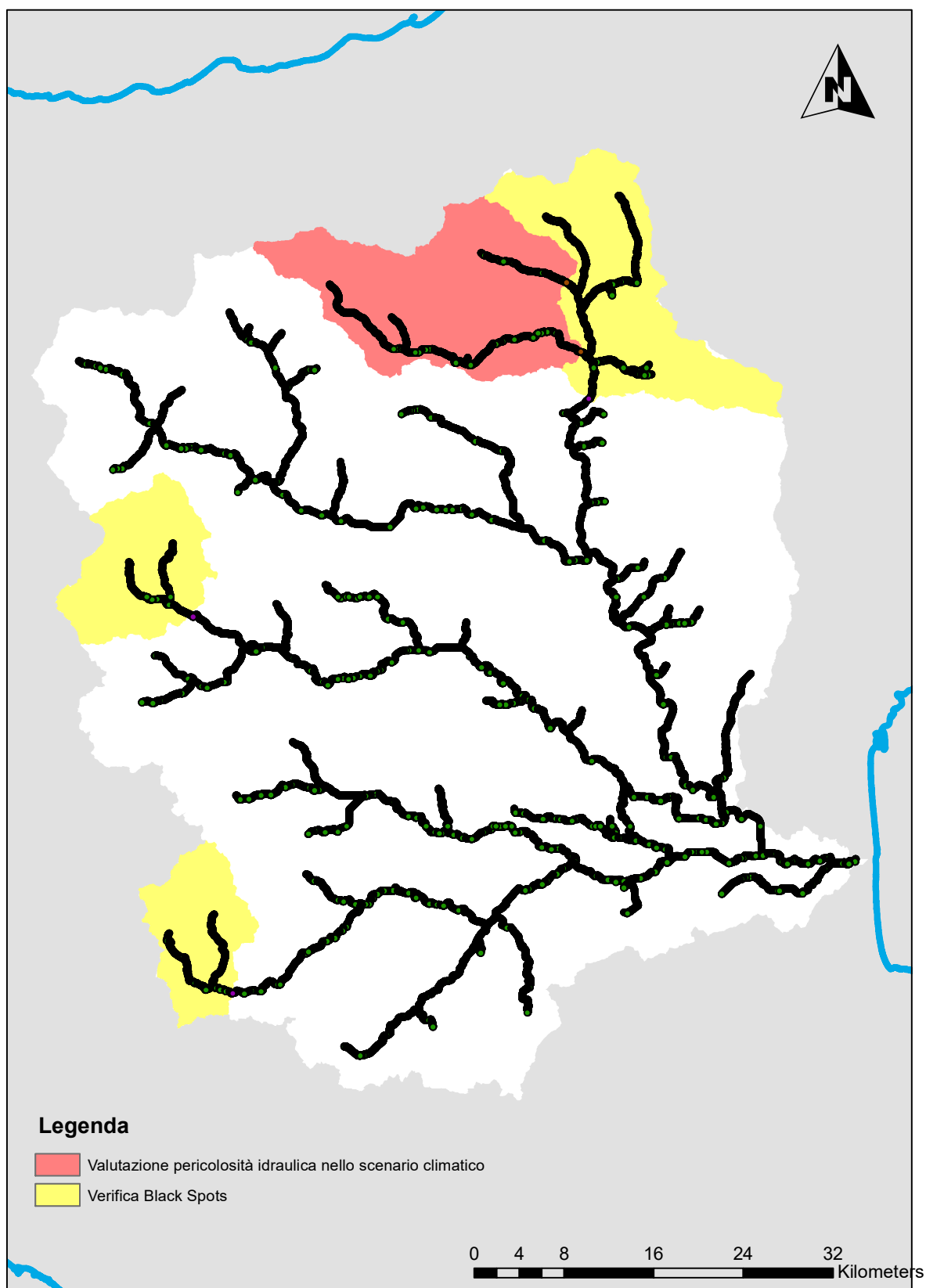


Figura 26 Aree su cui applicare le misure di integrazione del cambiamento climatico nelle valutazioni di compatibilità idraulica

