

Comune di : BONORVA  
Provincia di : SASSARI  
Regione : SARDEGNA



PROPONENTE

## SOLARSAP UNO SRL

Via di Selva Candida, 452  
00166 ROMA (RM)  
P.I. 17164341004

OPERA

## RICHIESTA DI CONNESSIONE ALLA RTN DI TERNA SpA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A  
42.334,64 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

### "SOLARE BONORVA S'ENA 'E SUNIGO"

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

Relazione idraulica

DATA : 15/09/2023

N°/CODICE ELABORATO :

SCALA : ---

Tipologia : EL (ELABORATI)

# REL 014

PROGETTISTI:

CONSULENZA SPECIALISTICA:

I TECNICI



EDILSAP s.r.l.  
Via di Selva Candida, 452  
00166 ROMA  
Ing. Fernando Sonnino  
Project Manager



ALMA CIVITA SRL  
Via della Provvidenza snc  
01022 Civita di Bagnoregio (VT)  
Arch. Massimo Fordini Sonnino  
Arch. Alessandra Rocchi

Collaboratori:  
Arch. Marco Musetti  
Arch. Federico Cuzzolini  
Dott. Arch. Michela Fiore  
Dott. Arch. Alessia Fulvi  
Geom. Andrea Ippoliti



00	202203491	Emissione per Progetto Definitivo - Istanza di VIA e A.U.	EDILSAP srl	Ing. Fernando Sonnino	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

## Sommarario

1	PREMESSA .....	2
1.1	<i>Il sito .....</i>	<i>3</i>
1.1.1	<i>Azienda "Società Agricola F.lli Sussarellu S.S." .....</i>	<i>3</i>
1.1.2	<i>Azienda Agricola "Sussarellu Antonio Maria" .....</i>	<i>4</i>
1.1.3	<i>Altri terreni.....</i>	<i>4</i>
2	LOCALIZZAZIONE, INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO .....	8
3	INQUADRAMENTO AI SENSI DELLE N.D.A. DEL PAI.....	11
3.1	<i>Inquadramento con individuazione delle aree di prima salvaguardia.....</i>	<i>15</i>
4	CARATTERIZZAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO DELL'AREA.....	18
4.1	<i>Tempo di corrivazione.....</i>	<i>25</i>
4.2	<i>Altezza di pioggia .....</i>	<i>28</i>
4.3	<i>Coeff. di deflusso .....</i>	<i>31</i>
4.4	<i>Portate ed idrogrammi di piena .....</i>	<i>36</i>
5	VERIFICHE DI INVARIANZA IDRAULICA ED INTERVENTI PROPOSTI.....	41
6	INTERVENTI PROPOSTI.....	48
7	INDICE DELLE FIGURE .....	49

## 1 PREMESSA

Il presente riguarda il Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto AGRIVOLTAICO, proposto dalla Società SOLARSAP UNO s.r.l., con sede in Via di Selva Candida, 452 – 00166 Roma (RM), su terreni agricoli nella disponibilità della proponente di un'estensione pari a 63,6611 ettari, ubicati in agro del Comune di BONORVA (SS). Il presente progetto ha come obiettivo l'uso delle tecnologie solari finalizzate alla realizzazione del presente impianto AGRIVOLTAICO denominato "SOLARE BONORVA S'ENA 'E SUNIGO" da **42,344 MWp di potenza nominale in DC**, a cui corrisponde una **potenza massima in immissione in AC di 40,00 MW**, come da preventivo STMG di Terna, codice pratica 202203491, ripartito in un unico lotto di terreno agricolo:

Descrizione	Comune	Località	Area (ha)	Potenza nominale (kWp)	Latitudine	Longitudine	Altitudine media (m)
Impianto AFV	Bonorva (SS)	S'Ena 'E Sunigo	63,6611	42.344,64	40,449722°N	8,80°E	340
SE TERNA	Bonorva (SS)	Moretta			40,470278°N	8,827778°E	350

L'impianto in oggetto, realizzato in area agricola, viene definito a tutti gli effetti "IMPIANTO AGRIVOLTAICO" in quanto si caratterizza per un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione attualmente presenti, rispettando i requisiti minimi **A, B e D2** introdotti dalla **Linee Guida** in materia di **Impianti Agrivoltaici** alla **Parte II art. 2.2, 2.3, 2.4 e 2.6, pubblicati dal MITE nel giugno 2022**.

Nel presente studio, dall'analisi combinata dello stato di fatto delle componenti ambientali e socio-economiche e delle caratteristiche progettuali, sono stati identificati e valutati gli impatti che la realizzazione, l'esercizio e la dismissione dell'impianto possono avere sul territorio interessato dall'installazione dell'impianto e su quello circostante, in particolare su tutte le componenti ambientali successivamente analizzate.

Tale analisi è stata condotta principalmente sulla base della conoscenza del territorio e dei suoi caratteri ambientali, consentendo di individuare le principali relazioni tra tipologia dell'opera e caratteristiche ambientali.

**Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)**

Obiettivo del presente Studio di Impatto Ambientale è dunque l'individuazione delle matrici ambientali socio-sanitarie, quali fattori antropici, naturalistici, climatici, paesaggistici, culturali ed agricoli su cui insiste il progetto di IMPIANTO AGRIVOLTAICO e l'analisi del rapporto delle attività previste con le matrici stesse.



**Figura 1 - Foto aerea zenitale dell'area di impianto**

**1.1 Il sito**

Il sito ove si prevede di realizzare l'IMPIANTO AGRIVOLTAICO è localizzato nella Regione Sardegna, in provincia di Sassari, Comune di Bonorva, in Località "S'Ena e Sunigo" e "Pala de Suizagas". L'area prevista per la realizzazione dell'impianto (e di tutte le opere necessarie alla connessione alla rete elettrica di E-Distribuzione), è situata a circa 52,06 km da Sassari (mentre la distanza in linea retta è invece di 38,81 km) a Sud Est dalla Città di Sassari, a 5km in linea d'aria a Nord Est dall'abitato del Comune di Bonorva.

I terreni su cui l'impianto verrà installato sono distinti in catasto al Comune Censuario di Bonorva (SS), censiti al Foglio 17, p.lle 2, 3, 5, 26, 27, 29,30, 43, 44, 45, e al Foglio 28, p.lle 2,8,10,19,20,21,24,39,40,58, 81, 82, 118,119,120.

L'agro oggetto di intervento è caratterizzato da tre aziende agricole distinte così come di seguito identificate:

**1.1.1 Azienda "Società Agricola F.lli Sussarellu S.S."**

COMUNE censuario	FOGLIO	MAPP.	SUPERFICIE CATASTALE	QUALITA'	CLASSE	REDDITI	
						DOMENICALE €.	AGRARIO €.
Bonorva	17	43	16.09.22	Seminativo	2^	623,32	332,44
Bonorva	28	2	03.06.60	Seminativo	4^	31,67	39,59
Bonorva	28	8	01.90.10	Seminativo	4^	19,64	24,54
Bonorva	28	10	00.19.28	Seminativo	4^	1,99	2,49
			00.00.62	Pascolo	4^	0,05	0,03
Bonorva	28	19	00.28.08	Seminativo	1^	13,78	6,53
			00.00.29	Pascolo	4^	0,02	0,01
Bonorva	28	20	00.06.70	Seminativo	4^	0,69	0,87
Bonorva	28	21	00.43.65	Pascolo	4^	3,38	2,25
			00.56.55	Seminativo	4^	5,84	7,30
Bonorva	28	39	00.02.62	Pascolo	4^	0,20	0,14
			00.02.07	Seminativo	4^	0,21	0,27
Bonorva	28	40	00.31.04	Pascolo	4^	2,40	1,60

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Bonorva	28	58	00.33.77	Seminativo	4 <sup>^</sup>	3,49	4,36
Bonorva	28	118	04.86.15	Seminativo	4 <sup>^</sup>	50,22	62,77
Bonorva	28	119	03.94.29	Seminativo	4 <sup>^</sup>	40,73	50,91
			00.09.46	Pascolo Arb	U	0,73	0,64
Bonorva	28	120	04.25.52	Seminativo	4 <sup>^</sup>	43,95	54,94
<b>TOTALI</b>			<b>36.46.01</b>			<b>842,31</b>	<b>591,68</b>

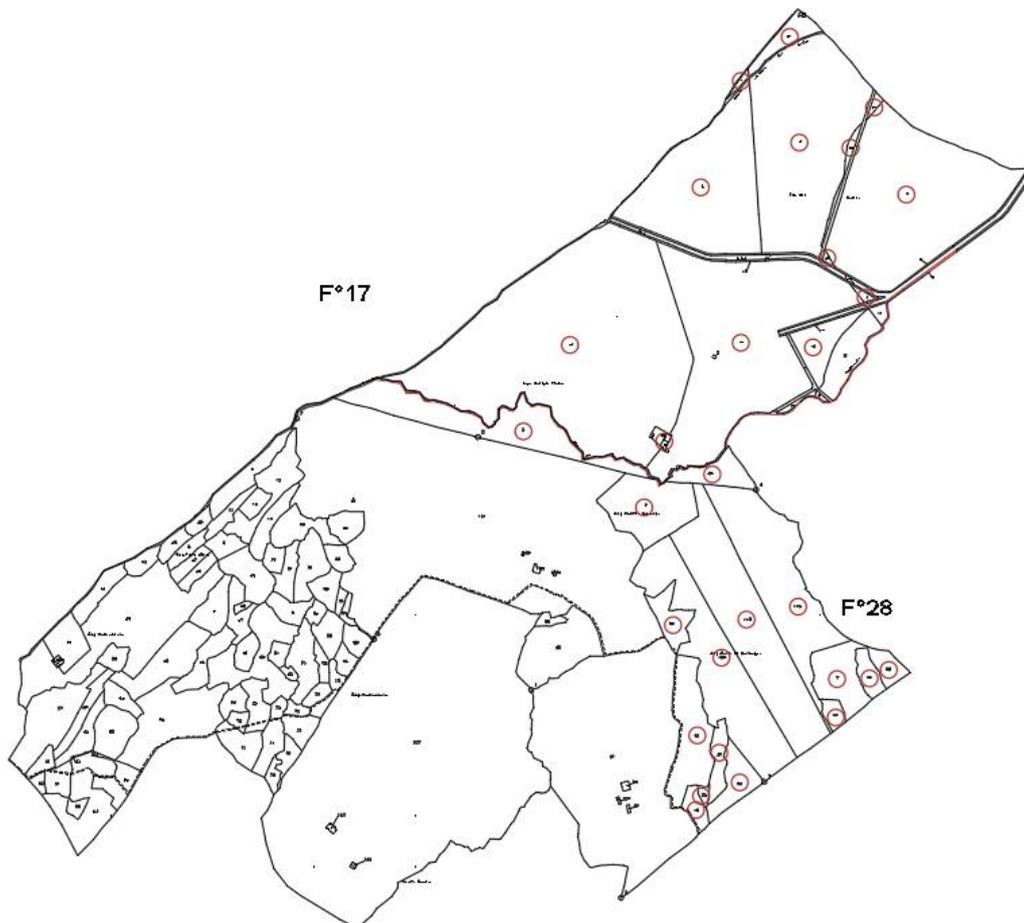
**1.1.2 Azienda Agricola "Sussarellu Antonio Maria"**

COMUNE censuario	FOGLIO	MAPP.	SUPERFICIE CATASTALE	QUALITA'	CLASSE	REDDITI	
						DOMENICALE €.	AGRARIO €.
Bonorva	17	2	07.37.65	Seminativo	2 <sup>^</sup>	285,72	152,39
Bonorva	17	26	00.03.01	Seminativo	2 <sup>^</sup>	1,17	0,62
Bonorva	17	27	00.07.00	Seminativo	2 <sup>^</sup>	2,71	1,45
			00.00.57	Pascolo	4 <sup>^</sup>	0,04	0,03
Bonorva	17	29	00.06.22	Seminativo	2 <sup>^</sup>	2,41	1,28
Bonorva	17	30	00.81.89	Seminativo	2 <sup>^</sup>	31,72	16,92
Bonorva	17	44	09.50.77	Seminativo	2 <sup>^</sup>	368,27	196,41
Bonorva	17	45	00.50.95	Seminativo	2 <sup>^</sup>	19,74	10,53
Bonorva	28	24	00.72.30	Seminativo	4 <sup>^</sup>	7,47	9,33
<b>TOTALI</b>			<b>19.10.36</b>			<b>719,25</b>	<b>388,96</b>

**1.1.3 Altri terreni**

COMUNE censuario	FOGLIO	MAPP.	SUPERFICIE CATASTALE	QUALITA'	CLASSE	REDDITI	
						DOMENICALE €.	AGRARIO €.
Bonorva	17	3	00.01.22	Seminativo	2 <sup>^</sup>	0,47	0,25
			00.04.38	Pascolo	4 <sup>^</sup>	0,34	0,23
Bonorva	17	5	05.53.40	Pascolo	4 <sup>^</sup>	42,87	28,58
Bonorva	28	81	01.65.98	Seminativo	4 <sup>^</sup>	17,14	21,43
			00.12.66	Pascolo	4 <sup>^</sup>	0,98	0,65
Bonorva	28	82	00.72.10	Seminativo	4 <sup>^</sup>	7,45	9,31
<b>TOTALI</b>			<b>08.09.74</b>			<b>69,25</b>	<b>60,45</b>

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



**Figura 2 - Particelle catastali interessate**

Si può accedere all'area d'impianto sia dal lato NORD-EST, sia dal lato NORD- OVEST percorrendo le strade provinciali SP43 e SP21, queste sono direttamente collegate mediante la SP83, dalla quale, poi, percorrendo una Strada Comunale, ci si addentra all'interno di aree completamente immerse nella vegetazione arboreo arbustiva autoctona.

La soluzione di connessione alla RTN descritta e riportata nel presente documento fa riferimento alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), che la Società Terna ha elaborato per l'allacciamento alla RTN, ai sensi dell'art.21 dell'allegato A alla deliberazione ARG/ELT/99/08 dell'ARERA ss.mm.ii.

La STMG emessa da TERNA prevede che l'IMPIANTO AGRIVOLTAICO oggetto della presente relazione venga collegato in antenna a 36kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra – esce alla linea 220 kV “Codrongianos – Ottana”, nel Comune di Bonorva (SS), su terreni distinti in catasto al Foglio 9 Particelle 3 e 11, in località MORETTE, ad un'altitudine media di circa 350 slm, Latitudine 40,470278° N - Longitudine 8,827778° E.

## Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

La connessione con la RTN sarà realizzata con un **cavidotto** interrato a 36kV della lunghezza di circa **4.500 m**. Il percorso del cavidotto di connessione a 36 kV parte dalla Cabina di Consegna CC nell'area sud dell'impianto e si svilupperà interamente su viabilità pubblica, per un tracciato di circa **4.500 m** lungo la **Strada Provinciale n. 83** fino all'accesso nella Nuova SE 220/36 kV di TERNA, che risulta ubicata parallelamente alla S.P.83.

Il tracciato del cavidotto andrà ad intersecare quattro canali e corsi d'acqua; in particolare nella prima tratta della S.P. 83 compresa tra l'impianto e l'incrocio con la S.P. 21, interesserà:

- un corso d'acqua minore sulla SP n.83 circa 800 m dopo i confini dell'area di progetto;
- un corso d'acqua minore sulla SP n.83 circa 200 m dopo;
- il RIU LADU sulla SP n.83 circa 180 m dopo;
- il RIU CASTEDDU sulla SP n.83 circa 280 m dopo;

Gli attraversamenti dei corsi d'acqua saranno tutti realizzati con la tecnologia T.O.C. Trivellazione Orizzontale Controllata (vedi elab. EL022)

L'esercizio dell'impianto agri-voltaico come configurato nel progetto, oggetto di tale relazione, consentirà di contribuire al raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, mantenendo una produzione agricola di tipo sostenibile destinata all'alimentazione umana ed animale, in quanto considerata la potenza complessiva dell'impianto denominato "**SOLARE BONORVA S'ENA 'E SUNIGO**" da **42,344 MWp di potenza nominale in DC**, a cui corrisponde una **potenza massima in immissione in AC di 40,00 MW**, come da preventivo STMG di Terna, codice pratica 202203491, al netto dei consumi ausiliari prevede una **producibilità annua di energia immessa in rete di 78,00 GWh**, con un risparmio di emissioni in atmosfera di **879.500 ton di CO<sub>2</sub>**, considerando come fattore di conversione il coeff. 0,4455 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sup>1</sup>.

**Lo studio è finalizzato a verificare in primis la coerenza del progetto con le norme del PAI, e più in generale l'inserimento delle opere nel contesto del reticolo idrografico superficiale del territorio, anche allo scopo di assicurare adeguata manutenzione dei corsi d'acqua pubblici e/o delle scoline limitrofe o interne al sito di intervento, indicando le distanze minime da mantenere rispetto al reticolo idrografico stesso.**

Saranno quindi valutati gli aspetti legati all'impatto delle opere in termini di possibile maggiore pressione idrica sul reticolo idrografico ed i conseguenti interventi eventualmente necessari per la compensazione idraulica nell'ottica del principio di invarianza idraulica.

Sarà valutata l'eventuale necessità di ricorrere a soluzioni progettuali che, pur rientrando nell'ambito di semplici interventi di gestione e manutenzione dei suoli agricoli e senza che ne siano modificate le caratteristiche pedologiche ed agrarie, potranno permettere di conseguire la mitigazione idraulica delle maggiori portate prevedibili secondo il principio di invarianza idraulica.

Come mostrato di seguito, la stima delle maggiori portate associate alla presenza di un impianto fotovoltaico è tutt'altro che banale. La trasformazione dell'uso dei suoli di fatto non avviene, in quanto, come noto, i moduli dei pannelli sono sorretti da una struttura di pali di piccolo diametro infissi nel terreno senza elemento di fondazione, pertanto l'effettiva occupazione del terreno è praticamente trascurabile; non c'è ancora una sufficiente bibliografia di supporto per assegnare valori di coeff. di deflusso all'uso del suolo caratterizzato dalla presenza di un campo fotovoltaico: molti progettisti impongono il medesimo valore del coeff. di deflusso rispetto alla configurazione ante operam.

Nel seguito viene proposto un criterio quantitativo per stimare, sotto determinate ipotesi, l'aumento del valore del coeff. di deflusso, ricorrendo al noto metodo "CN".

---

<sup>1</sup>ISPRA, 2019: *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*, A.Caputo (acuradi), Roma Edizione 2019, pag.29.

**Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)**

L'area in progetto è attraversata con direzione preferenziale ovest-est, da due modesti corsi d'acqua (Riu Borta e Riu Mandracula), i quali si congiungono poco più a valle del confine est dell'area di impianto. Alcune centinaia di metri più a valle tale fosso si immette nel "Riu Mannu".

La presenza di questi corsi d'acqua impone il mantenimento di adeguate distanze ai sensi del R.D. 523/1904 e delle N.d.A. del PAI.

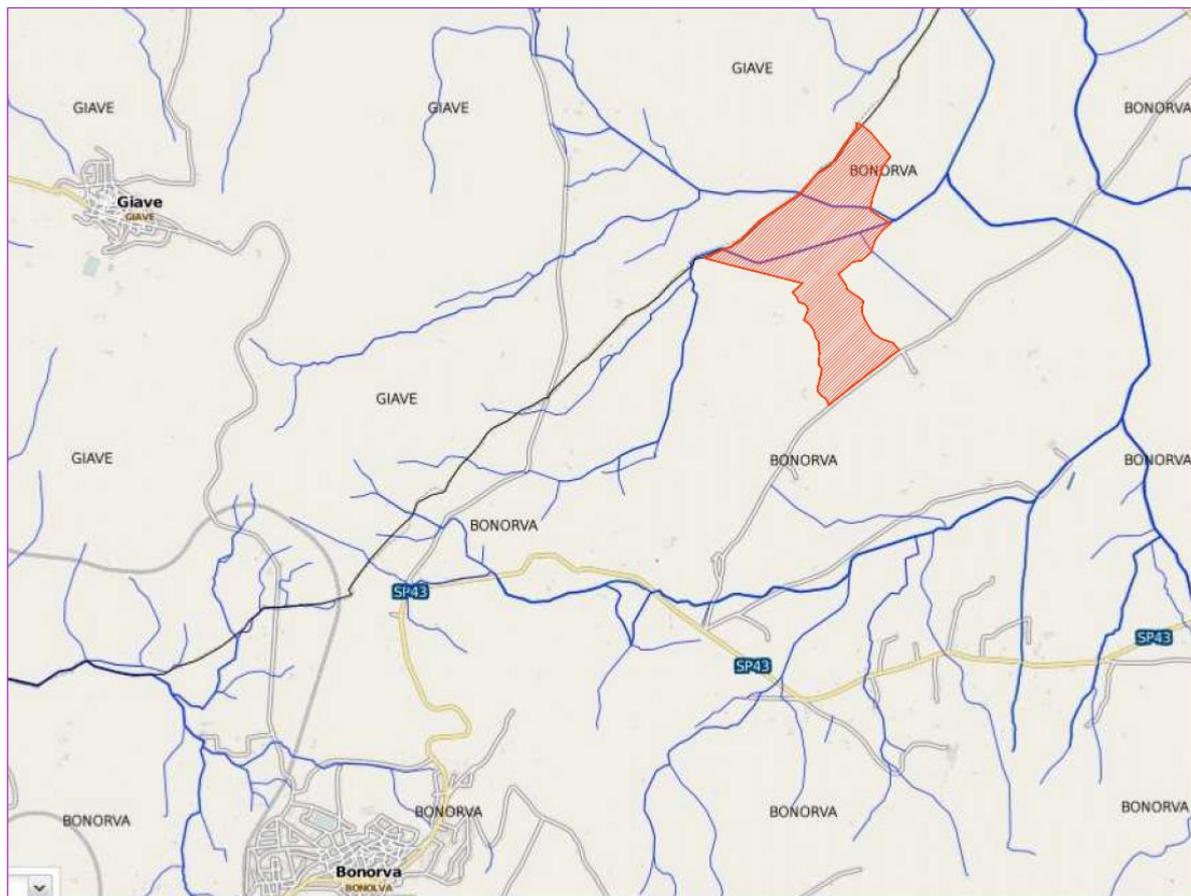
## 2 LOCALIZZAZIONE, INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Si rimanda alle tavole cartografiche per i dettagli; nella presente relazione vengono postati degli stralci, per utilità di esposizione.

L'area di intervento è localizzata in un'area sub-pianeggiante in comune di Bonorva, confinante con il comune di Giave.

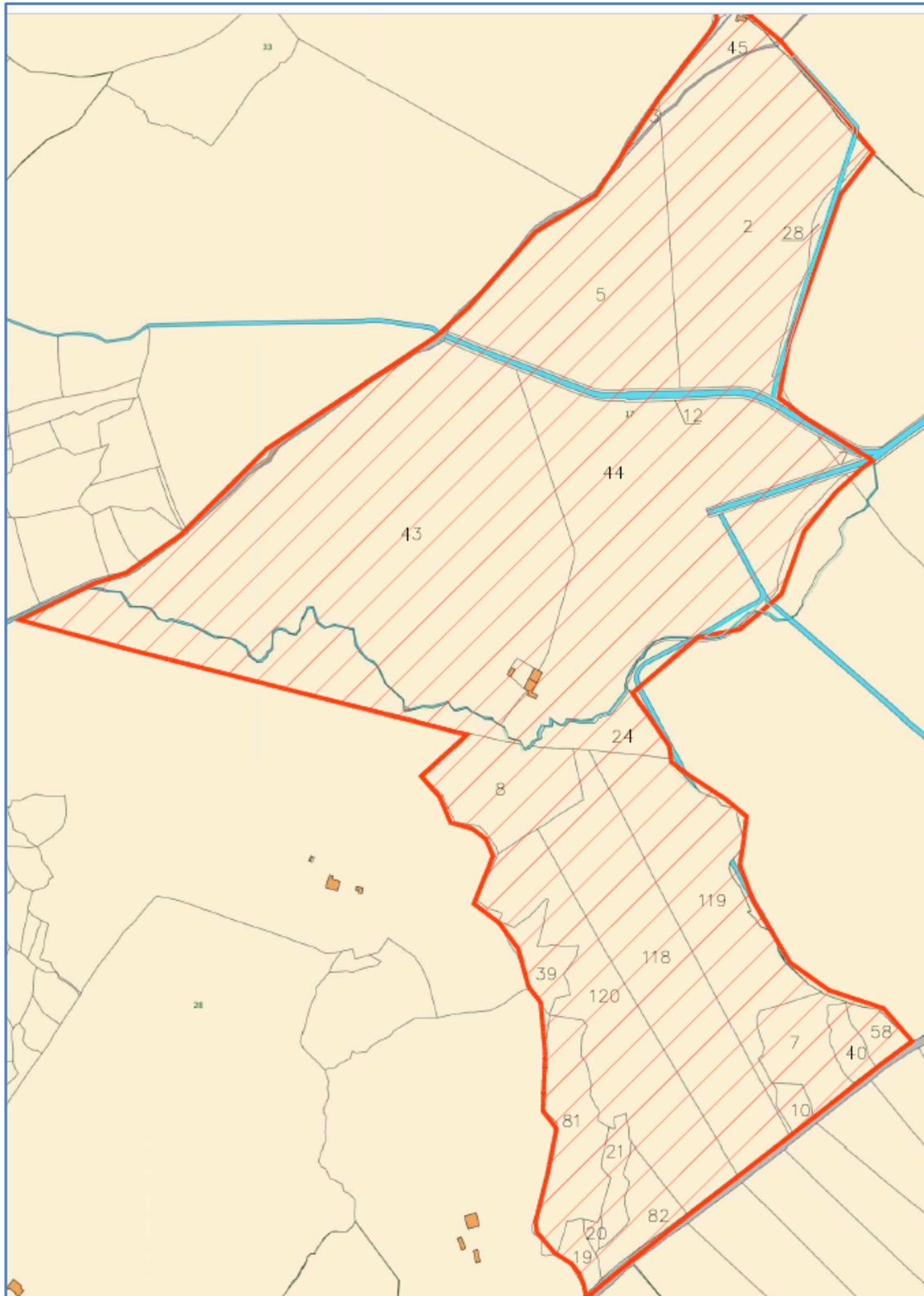
Catastalmente è ubicata all'interno del foglio n° 17 del comune di Bonorva (vedi fig. 2.2)

Nell'ambito della cartografia CTR, ricade a cavallo dei fogli n° 480140 e n° 480100.



**Figura 3 - Inquadramento cartografico. Su stradario da geoportale "Sardegna Mappe" - comuni di Bonorva e Giave**

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



**Figura 4 - Stralcio foglio catastale n° 17 Comune Bonorva**

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

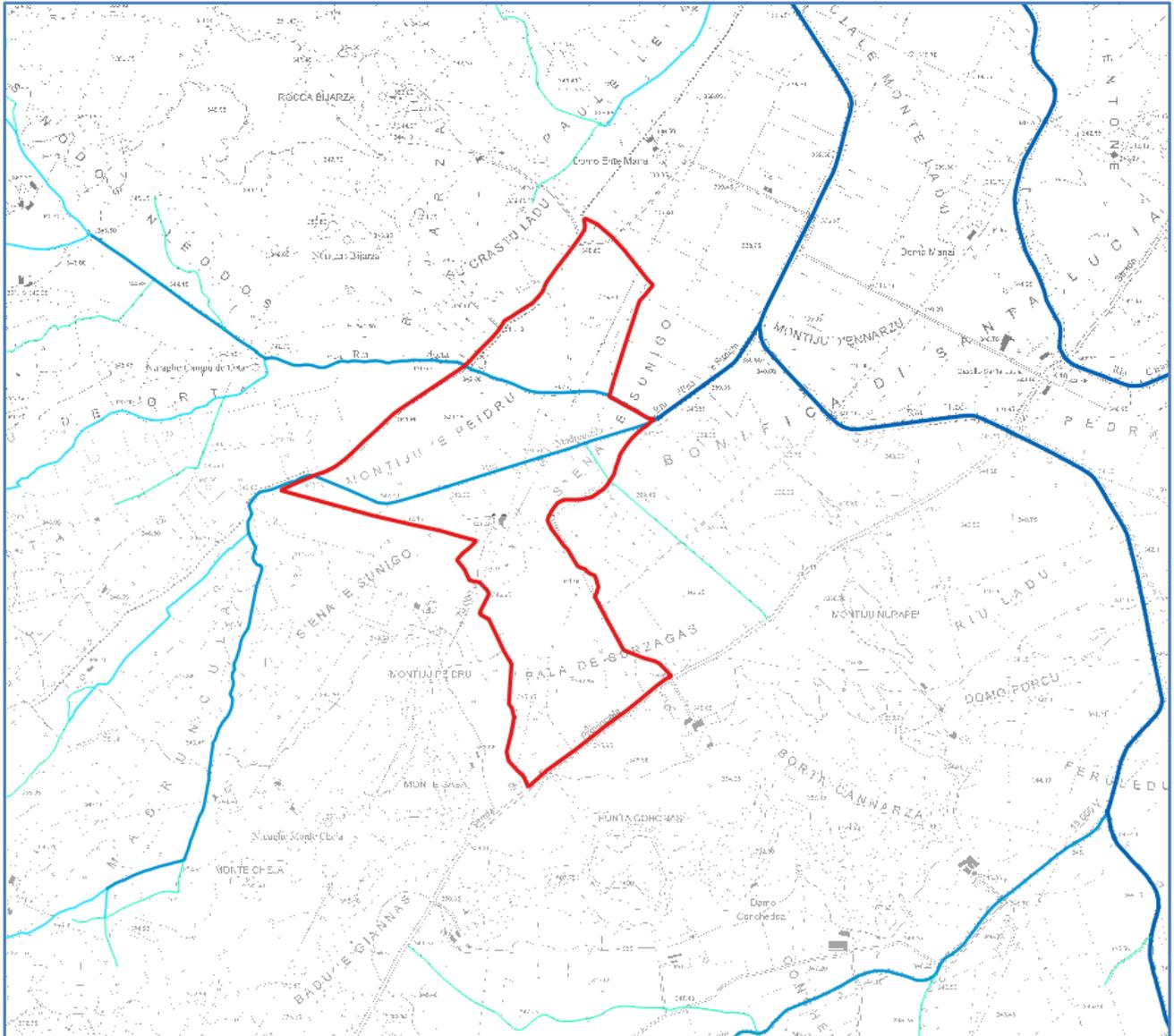


Figura 5 - Stralcio CTR cartografia 1:10.000. Fogli 480140 – 480100. Elementi idrici Strahler

### 3 INQUADRAMENTO AI SENSI DELLE N.D.A. DEL PAI

Si fa riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna e le relative Norme di Attuazione (Testo coordinato aggiornato con le modifiche approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino con Deliberazione n. 15 del 22 novembre 2022), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006. Rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.

Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano. In questo studio si prendono in considerazione specificatamente le aree a rischio idraulico, rimandando gli aspetti legati all'instabilità di tipo geomorfologico ad altre relazioni.

Le perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica-geotecnica e idraulica, predisposti ai sensi dell'art.8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione.

Ad approfondimento ed integrazione del PAI è stato pubblicato anche il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, che ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo.

L'area di intervento appartiene al sub-bacino n° 03 Coghinas-Mannu-Temu. Il Riu Mannu, proseguendo nel suo percorso verso Nord, si immette nel lago di Coghinas. Il tratto del fiume Riu Mannu più prossimo all'area di progetto non è coperto da tavole di studio delle aree a pericolosità idraulica (si veda l'inquadramento geografico nell'esempio degli stralci delle Tavole riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata**. relativamente al bacino del fiume Coghinas).

Il portale cartografico "Sardegna Mappe" riporta le aree a pericolosità idraulica, come quadro d'unione di tutte le tavole elaborate, nonché le aree di esondazione di cui al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata**. è riportato uno stralcio con zoom in corrispondenza del territorio dei comuni di Bonorva e Giave, da cui si evidenzia che, in definitiva **l'area di intervento non è interessata da aree a pericolosità idraulica già individuate e delimitate**.

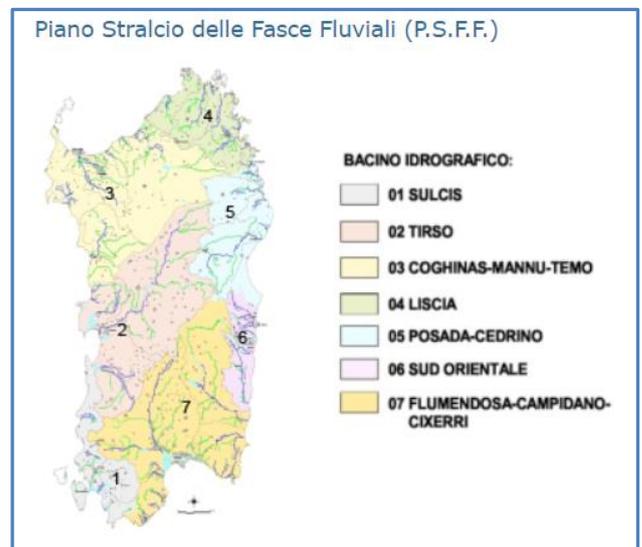
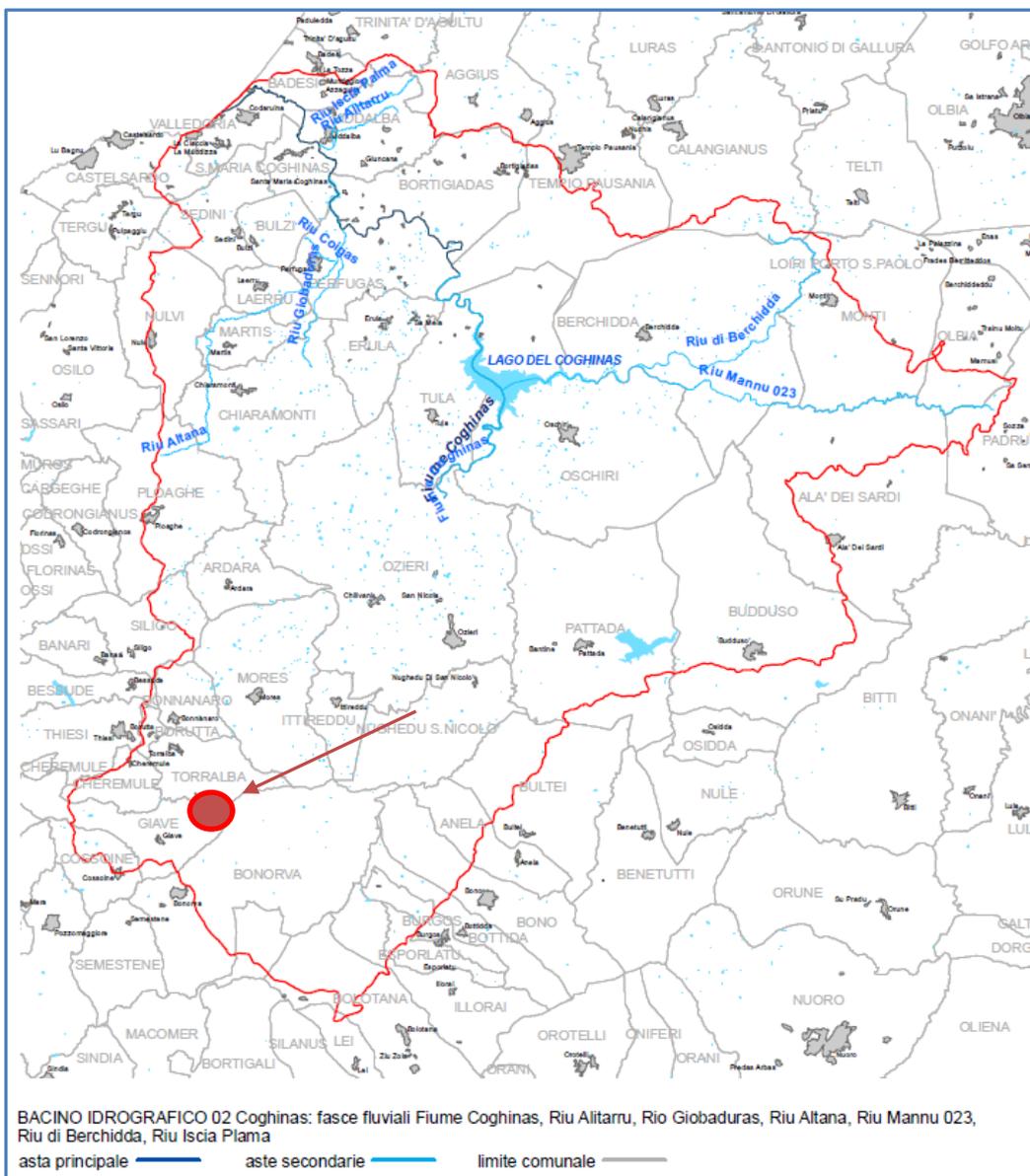


Figura 6 - Stralcio tavole dall'atlante fasce fluviali fiume Coghinas

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

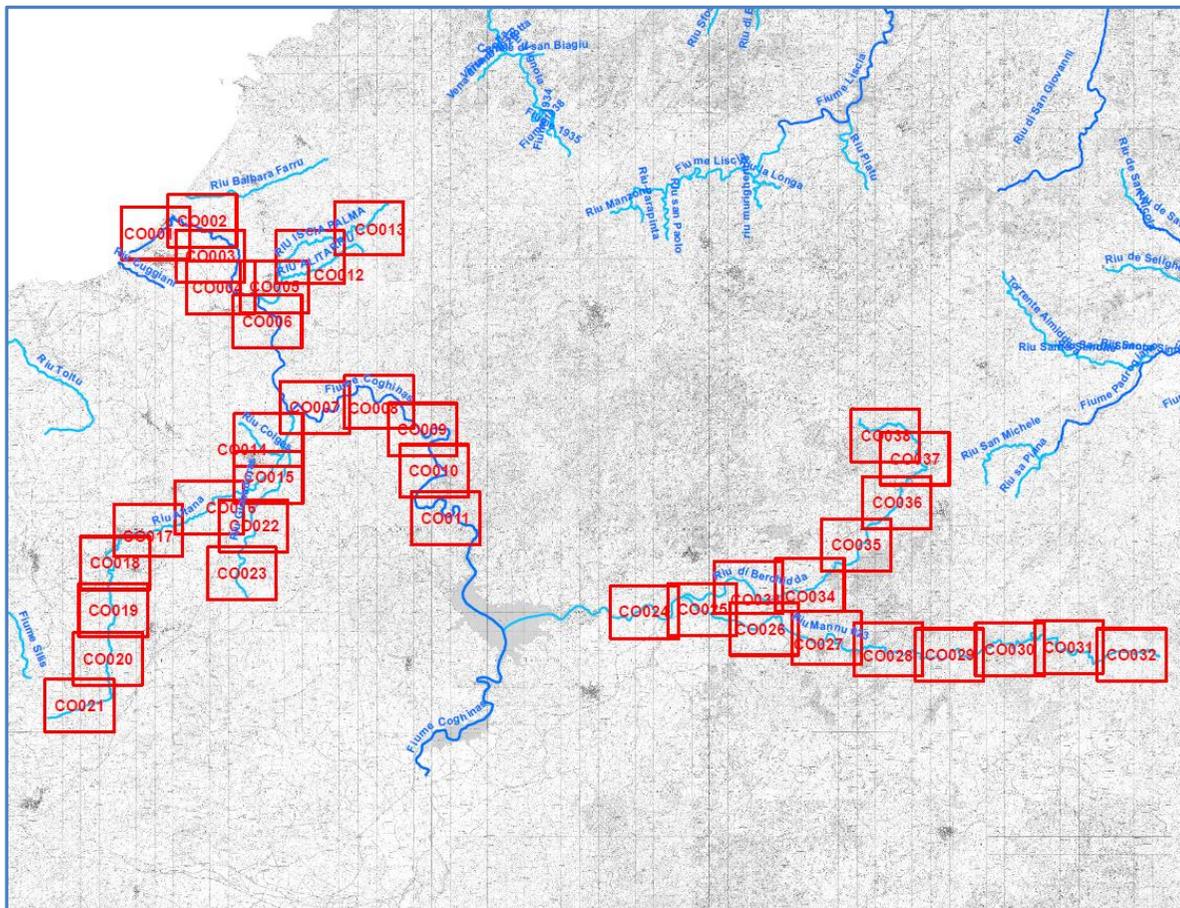
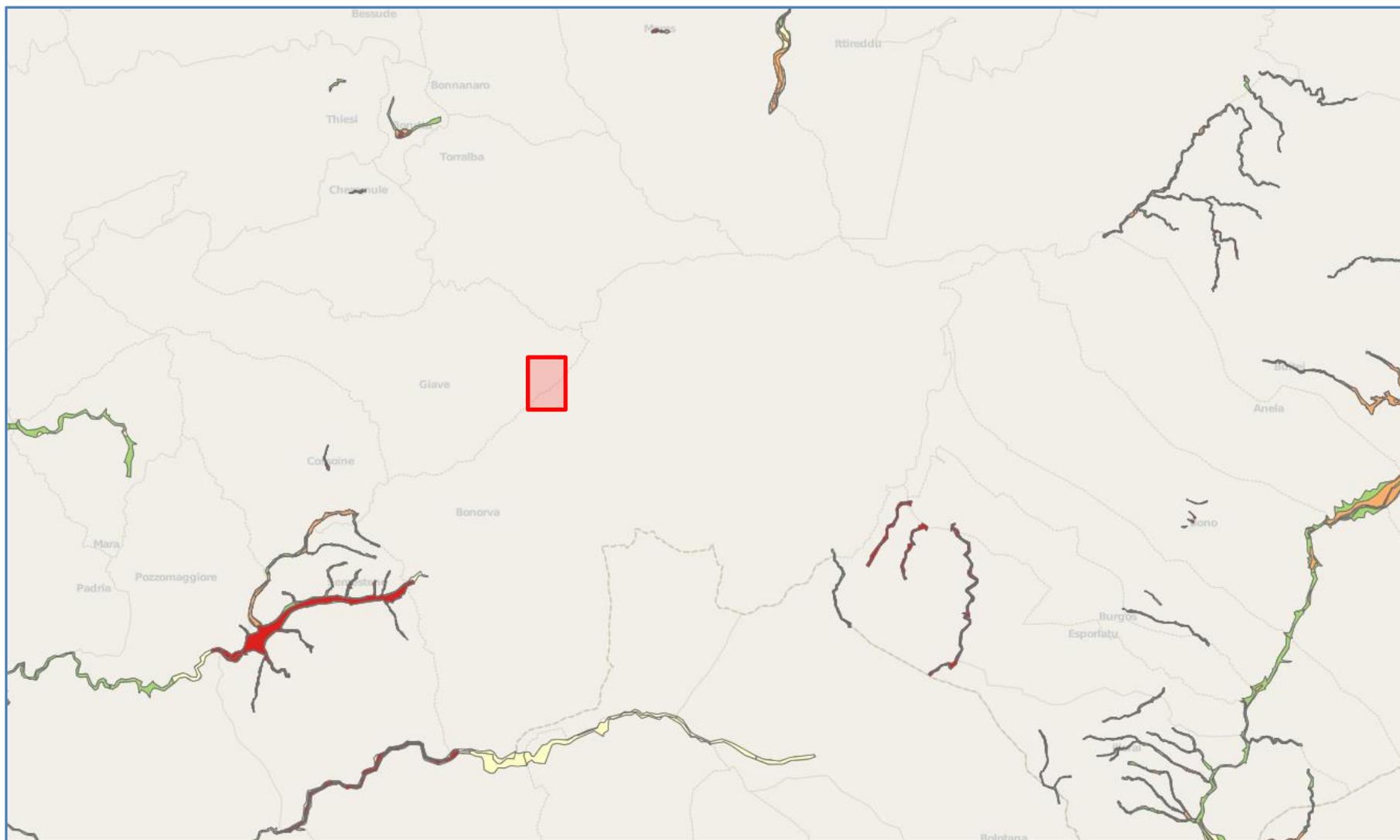


Figura 7 - Stralcio mappa Aree a Pericolosità Idraulica (geoportale "Sardegna Mappa")

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



### 3.1 Inquadramento con individuazione delle aree di prima salvaguardia

Ai sensi dell'art. 30 ter delle N.d.A. del PAI "per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale di cui all'articolo 30 quater, per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto".

Come visto al paragrafo precedente l'area di intervento non è ancora stata oggetto di studi idraulici per la determinazione delle aree di pericolosità idraulica, pertanto dovranno essere applicate le fasce di prima salvaguardia.

L'ordine gerarchico è quello di "Horton-Strahler", e la profondità della fascia di prima salvaguardia è così individuata:

ordine gerarchico (numero di Horton- Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

L'individuazione e la corretta rappresentazione cartografica dell'ordine gerarchico dei corsi d'acqua scaturisce dalle "Linee guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico ai sensi dell'art.30 ter, comma 6 delle Norme di attuazione del PAI", approvate con Del.G.R. n° 9 del 03/06/2021.

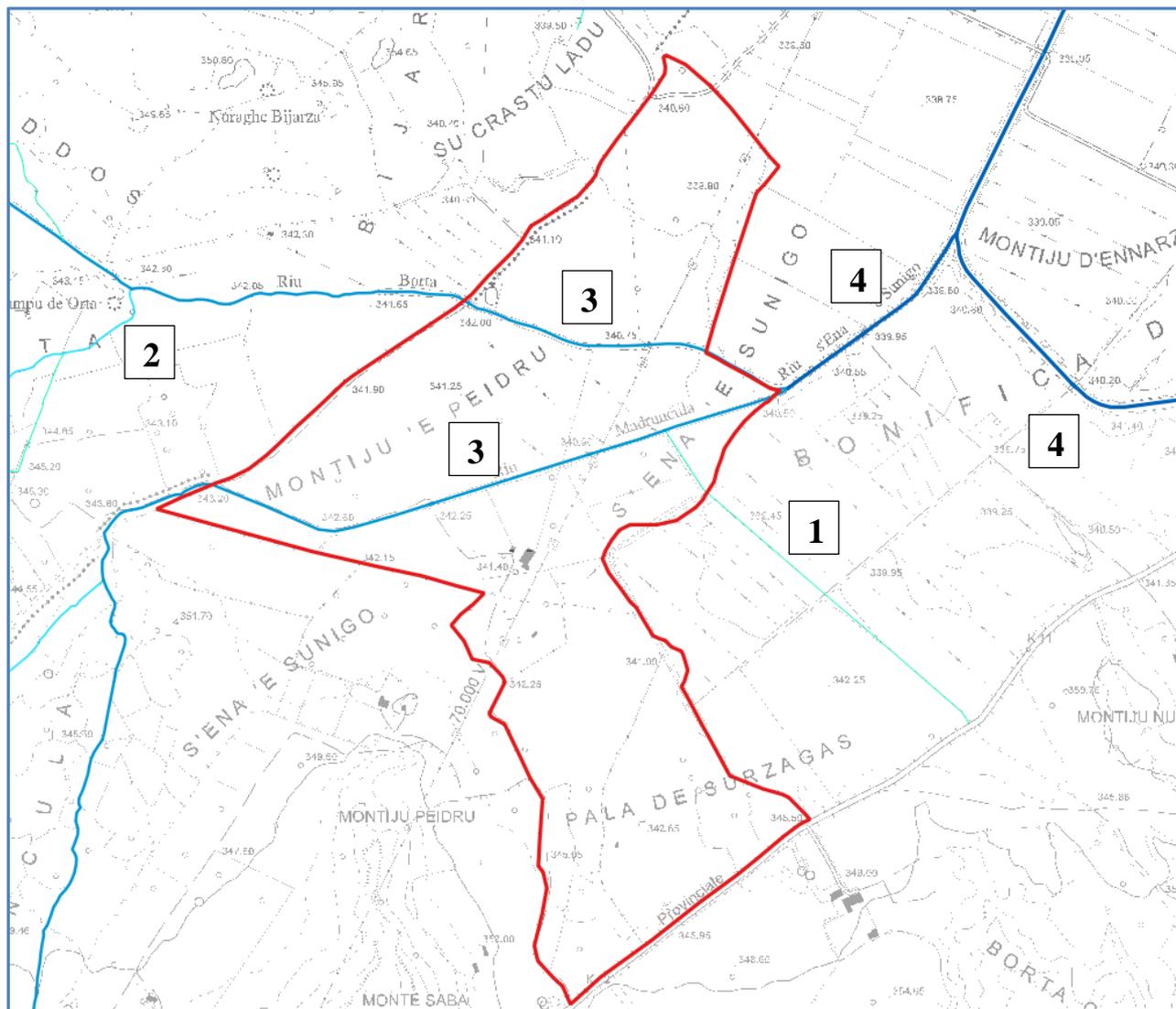
Ad ogni tratto di corso d'acqua è stato quindi assegnato un ordine gerarchico, secondo la metodologia Horton – Strahler, applicata attraverso gli strumenti di classificazione semi-automatica messi a disposizione dai più comuni client GIS. La suddetta gerarchizzazione è disponibile sui server cartografici della Regione Sardegna, quindi in definitiva riportata come specifico layer vettoriale all'interno del geoportale "Sardegna Mappe".

Come si vede, i due corsi d'acqua che attraversano il campo fotovoltaico (Riu Borta e Riu Mandracula) sono aste di **terzo** ordine. In dx idraulica del Riu Mandracula si immette un piccolo impluvio classificato di **primo** ordine. Ad est dell'area di impianto i due fossi di congiungono (nel Riu S'Ena) classificato di ordine quarto, così come il tratto del fosso Riu Mannu nel quale si immette il Riu S'Ena.

Pertanto, rispetto ai fossi Riu Borta e Riu Mandracula dovrà essere mantenuta una fascia di prima salvaguardia di 50mt, e di 10mt rispetto all'impluvio secondario affluente dx del Riu Mandracula.

**Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)**

Al cap. 2.3 delle sopra citate Linee Guida, vengono stabilite anche le condizioni per l'individuazione di corsi d'acqua NON SIGNIFICATIVI, per i quali è possibile la esclusione di un elemento già presente nello shp o la non inclusione di un elemento presente nella sola cartografia IGM 25-VS: tale condizione è data dalla contestuale presenza delle seguenti caratteristiche, costituite da un bacino di superficie inferiore a 0,50 kmq e portate bicentennali inferiori a 7 mc/s da calcolare alla sezione di confluenza dell'elemento di valle e con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli ( $V=1$  m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN(III) non inferiore a 95.



**Figura 8 - Elementi idrici Strahler su CTR - area di intervento**

L'impiuvio classificato di ordine primo affluente dx del Riu Mandracula possiede le caratteristiche di non inclusione, tuttavia il mantenimento di una fascia di rispetto di 10mt è comunque dovuta a prescindere in quanto stabilita dalla lett. f dell'art. 96 del R.D. 523/1904 (vedi cap successivo).

Le fasce di prima salvaguardia nell'area di impianto sono riportate nella figura successiva, ottenute con la funzione di buffer del software tipo gis utilizzato (Q.Gis 3.32).

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fascia di cui al comma 1, i Comuni, anche su istanza dei proponenti, sono tenuti ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio, obbligatorio per i tratti di ordine maggiore di due, dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare (c.2 art. 30 ter N.d.A.).

Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 e 27 bis delle NA (c.2 art. 30 ter N.d.A.).

Ai sensi dell'All. b della Del.G.R. n° 59/90 del 27/11/2020 "Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti energetici alimentati da fonti energetiche rinnovabili", sono considerate non idonee le aree interessate da pericolo idraulico molto elevato (Hi4) ed elevato (Hi3).

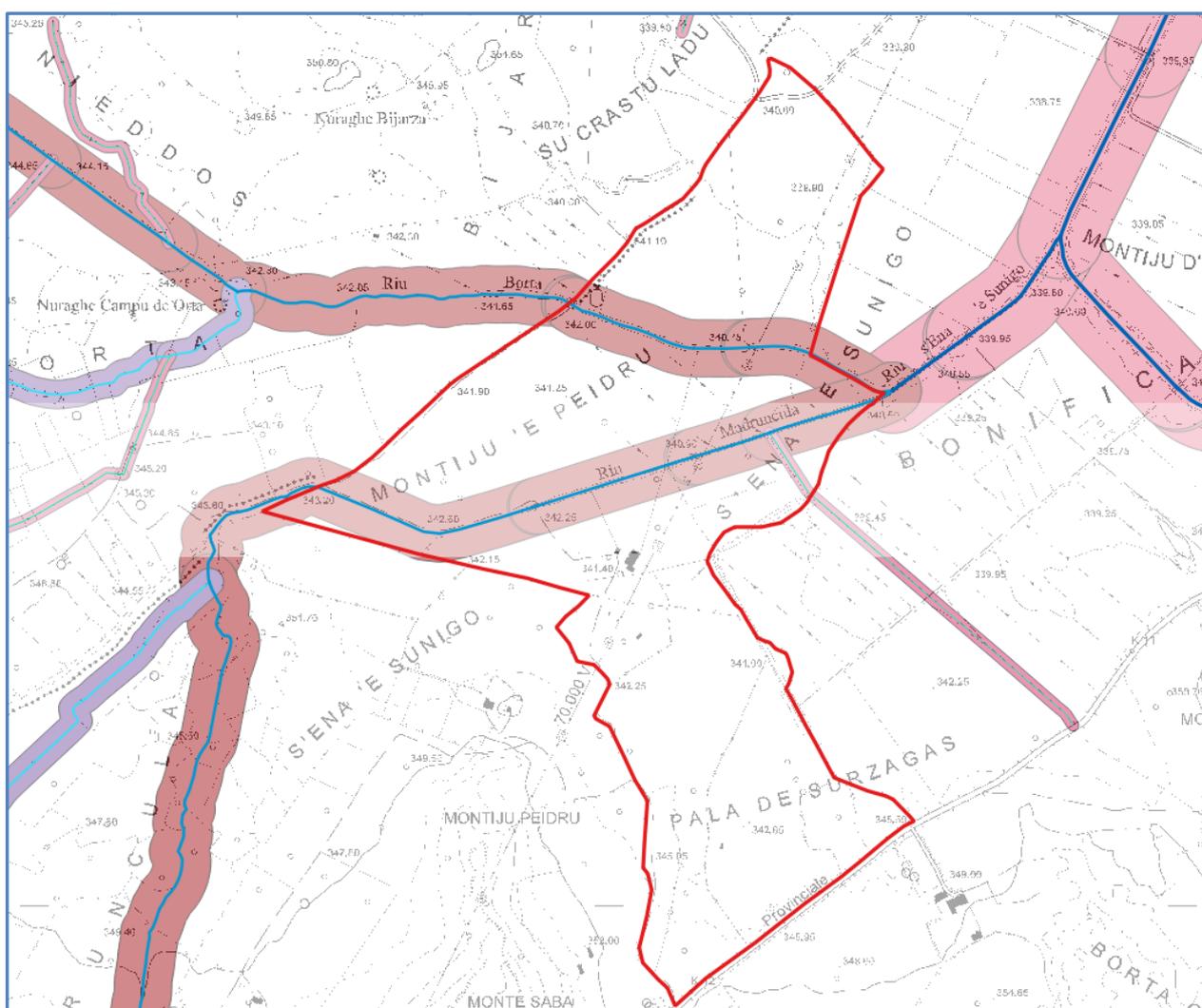


Figura 9 - Fasce di prima salvaguardia corsi d'acqua con ordine di horton-strahler

#### 4 CARATTERIZZAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO DELL'AREA

Si è già visto ai punti precedenti come l'area di impianto è interessata dall'attraversamento di alcuni corsi d'acqua, anche rappresentati come elementi idrici "strahler" sul portale cartografico della Regione.

Ora viene proposta una rappresentazione di maggiore dettaglio con l'utilizzo delle ortofoto aeree più aggiornate, che consentono di verificare (assieme ai sopralluoghi ed ai rilievi planoaltimetrici) l'andamento preferenziale di corrivazione sulla scorta della disposizione dei canalini delle coltivazioni agrarie.

Anche con l'ausilio delle curve di livello estratte dal rilievo plano altimetrico dell'area, si possono verificare le linee preferenziali dello scorrimento.

La parte più a sud dell'area di campo ha una pendenza apprezzabile degradante con direzione S-N. L'area centrale compresa tra i due corsi d'acqua principali Riu Mandracola e Riu Borta è sostanzialmente sub-pianeggiante, leggermente degradante con direzione O-E, ed analogamente per la parte dell'area di impianto a nord del Riu Borta.

L'andamento della corrivazione nella zona sud segue le linee di massima pendenza, mentre nelle zone sub-pianeggianti i percorsi idrici sono dettati dalla disposizione dei canalini di scolo delle coltivazioni agrarie.

La maggior parte dei canalini di scolo non è riportata, né nel reticolo idrografico regionale, né sulla cartografia catastale, ad eccezione di alcuni che sono evidenziati per utilità nello stralcio cartografico di **Errore. L'origine r**  
**iferimento non è stata trovata.**

Si può notare l'antico percorso del fosso di Mandragola, rettificato di recente con il tracciato meno sinuoso e riportato anche nel reticolato regionale degli elementi idrici "strahler" come visto sopra. I tracciati demaniali non più attivi, di fatto non assolvono più alla funzione di corso d'acqua pubblico, che invece è svolta dai nuovi tracciati rettificati: rispetto a questi ultimi dovranno essere rispettate le distanze di 10mt dal ciglio alto di sponda richiesti dalla lett. "f" dell'art. 96 del R.D. 523/1904. Sono ovviamente fatte salve le maggiori distanze dovute alla necessità di garantire il rispetto delle fasce di prima salvaguardia indicate al capitolo precedente.

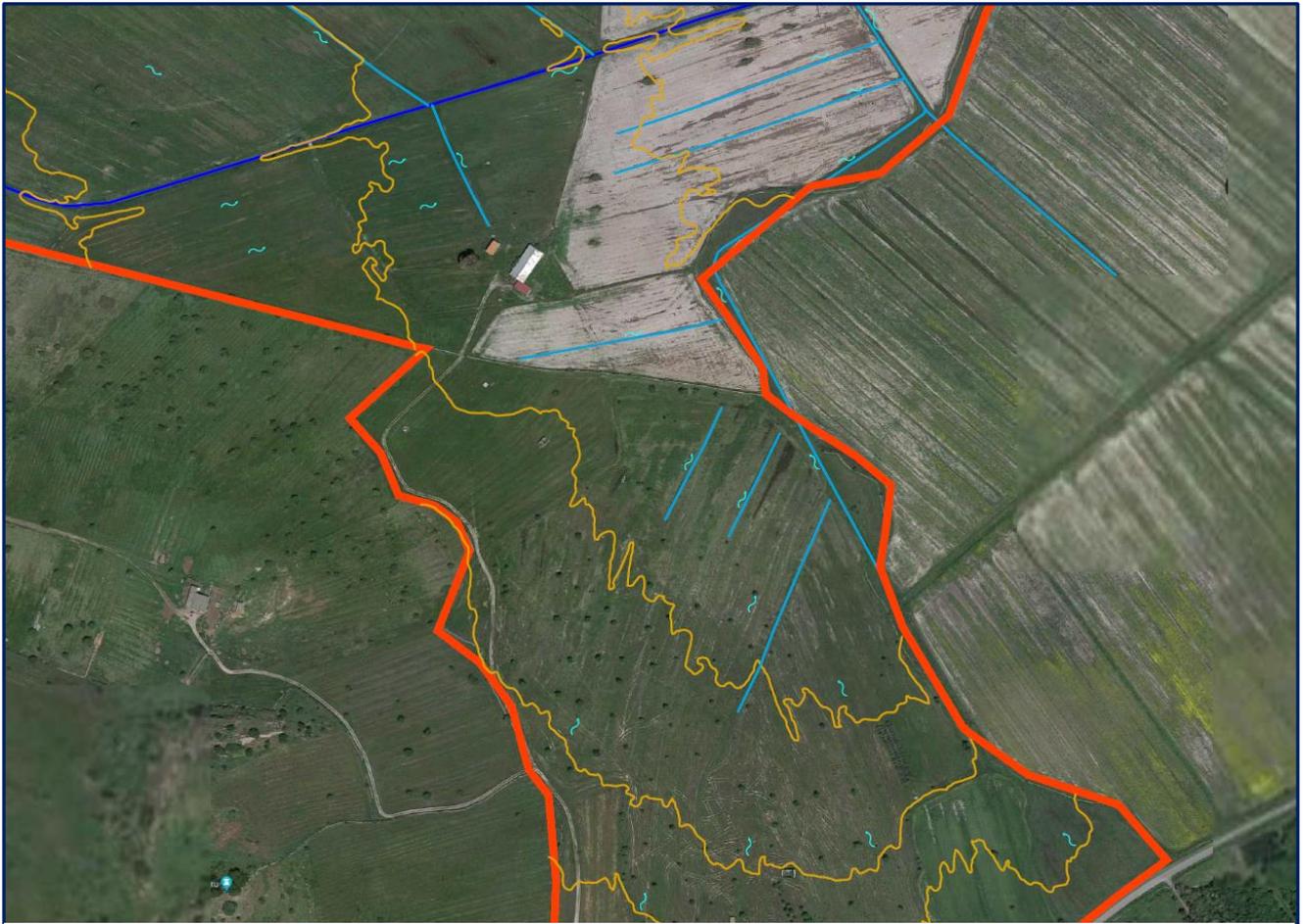
Nelle figure di seguito le fasce di rispetto del R.D. non già ricomprese nelle fasce di prima salvaguardia sono rappresentate con colore celeste.

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



*Figura 10 - Corsi d'acqua e canalini secondari zona di intervento*

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



*Figura 11 Rete dei canalini di drenaggio – dettaglio parte sud*

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

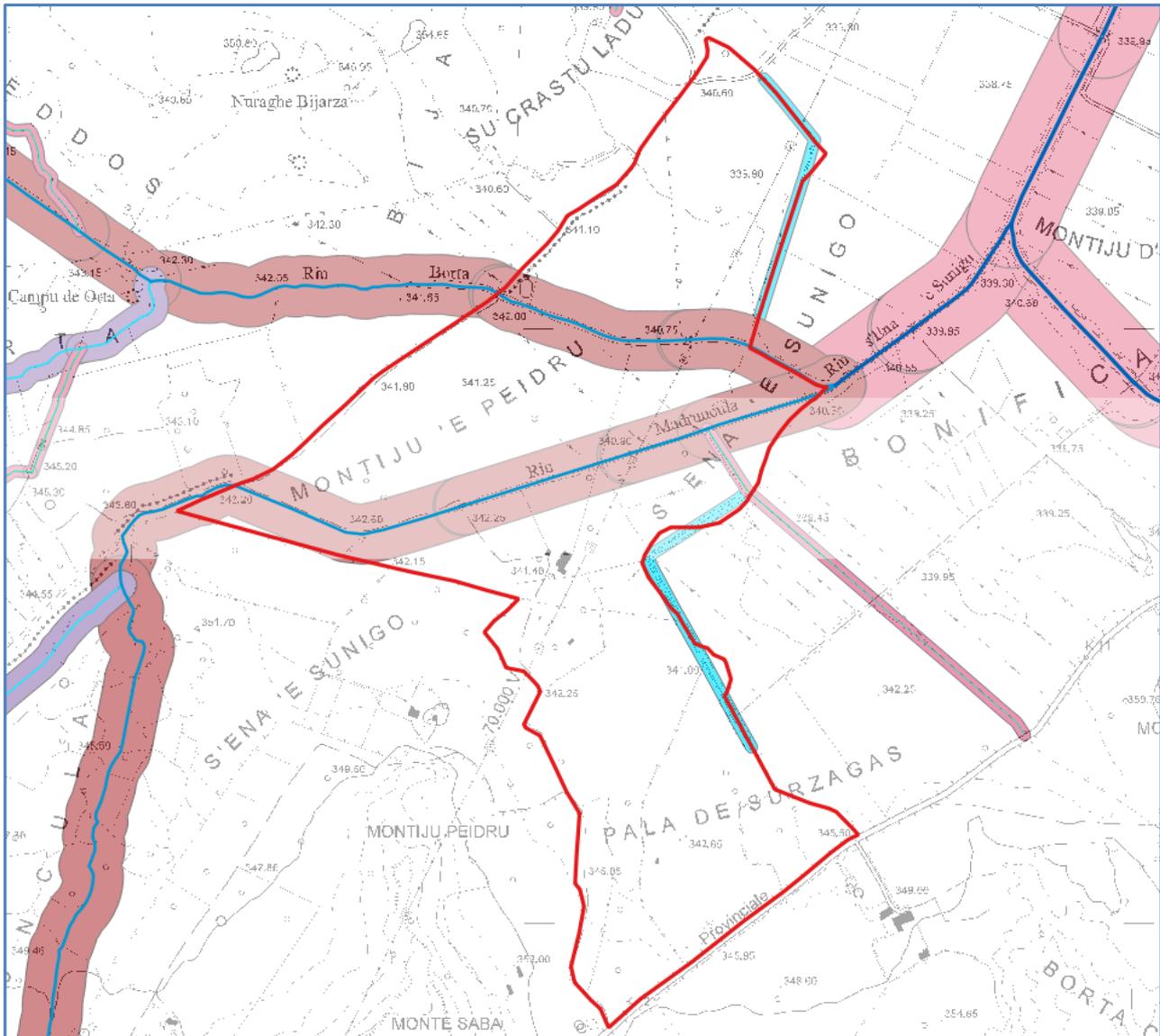


*Figura 12 - Rete dei canali di drenaggio. Dettaglio parte nord*

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



*Figura 13 -Stralcio reticolo idrografico con sovrapposizione impluvi demaniali*



**Figura 14 -Inviluppo delle fasce di prima salvaguardia e di rispetto dei 10mt di cui alla lett. f art. 96 R.D. 523/1904**

Nella figura di seguito sono rappresentati i sub-bacini scolanti principali interni all'area di impianto: è stato individuato un bacino nell'area sud (B1) che recapita, attraverso la rete di canalini, al Riu Mandragola. Il Sub Bacino B2 recapita al Riu Mandracola le acque ricadenti nella zona sub-pianeggiante ricompresa tra i due corsi d'acqua principali. Il Sub bacino B3 recapita al Riu Borta le acque ricadenti sulle porzioni di terreno in sx idraulica. Il sotto bacino più esteso sul quale si eseguiranno i calcoli è il bacino B1.

Le linee preferenziali di corrivazione sono state individuate con la rete di canalini descritta al capitolo precedente: l'asta principale segue un percorso legato alla presenza di tali impluvi e si sviluppa nei nodi A-B-C-D-E\_F

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)



*Figura 15 - Canalini scolanti interni al campo fotovoltaico*

#### 4.1 Tempo di corrivazione

I calcoli sono stati eseguiti con formulazioni solitamente utilizzate per bacini di estensione medio piccola, come quello in esame: *Kirpich*, *Pasini* e *Ventura*, oltre che con il *metodo SCS* solitamente consigliato nelle metodologie di analisi della Regione Sardegna per gli studi idraulici di cui all'art. 8 delle N.d.A.; viene mostrato per confronto anche il valore ricavato con il metodo di *Giandotti*, ma non se ne tiene conto, in quanto, come noto, rappresentativo di bacini caratterizzati da superfici molto maggiori di quelle in esame;

$$t_c = 0,93 * \left( \frac{L}{\sqrt{H_{\max} / L}} \right)^{0,77}$$

**Kirpich:**

$$\text{Pasini: } t_c = 0,108 * \left( \frac{(SL)^{1/3}}{\sqrt{i_{\text{asta}}}} \right)$$

$$\text{Ventura: } t_c = 0,127 * \left( \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i_v}} \right)$$

$$\text{Giandotti: } t_c = \frac{4\sqrt{S_b} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{\text{media}}}}$$

$$\text{Formula SCS: } t_c = \frac{100 L^{0,8} \left( \frac{1.000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{1.900 i_v^{0,5}}$$

dove:

L = la lunghezza dell'asta principale in ft;

$i_v$  = la pendenza di versante in %.

S: area bacino

$H_{\max}$ : altezza massima bacino rispetto a sezione chiusura

L: lunghezza asta principale

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

$i_{asta}$ : pendenza media asta principale

$i_v$ : pendenza media versanti

In vero, come indicano le tabelle dei calcoli, nel caso specifico di sub-bacini in questione, aventi pendenze medie molto basse e classe di suolo caratterizzata da elevata permeabilità, anche il metodo SCS fornisce valori eccessivamente elevati: conservativamente si preferisce ridurre il valore del  $t_c$  adottato, come appresso indicato.

Le tabelle appresso riportate indicano i valori del “ $t_c$  adottato”, sulla base delle formulazioni idrologiche, ma viene anche mostrato un confronto con il calcolo diretto del tempo di corrivazione costruito conoscendo le lunghezze nei canalini ed assumendo determinati valori di velocità media di scorrimento (velocità che, come può essere verificato facilmente con la consueta formulazione di Chezy, rientrano in un determinato range in base ai valori delle portate attese defluenti nei canalini stessi).

La pendenza dei canalini è ovviamente molto contenuta (<0.5%). Le velocità che ne derivano sono quindi altrettanto modeste.

I valori adottati del tempo di corrivazione vengono in questo caso assunti pari al valore medio delle formulazioni di Kirpich, Pasini, Ventura.

I parametri sono riepilogati nella tabella di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Il tempo di pioggia con il quale sarà determinato l'idrogramma di piena è invece pari a  $t_p=2h$ , che rappresenta usualmente la durata minima di pioggia suggerita per le verifiche di invarianza idraulica (vedi seguito).

***N.B.: l'assunzione di un tempo di pioggia superiore al tempo di corrivazione non conduce a valori di portata di picco inferiori (come avviene quando si usa la formula speditiva razionale che assume nei calcoli il valore medio di intensità di pioggia, chiaramente tanto inferiore quanto maggiore la durata della pioggia a parità di tempo di corrivazione): infatti l'idrogramma di piena sarà determinato con il metodo dell'invaso (vedi par. successivi) introducendo nei calcoli valori di costante di vaso che come noto dipendono dal tempo di corrivazione proprio dei sub bacini e non dal tempo di pioggia: questo criterio, unitamente all'uso del metodo CN porta piuttosto a dei valori di portata più conservativi, in quanto l'aumento del tempo di pioggia si traduce in aumento del coeff. medio di deflusso.***

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

		B1	B2	B3
S	km <sup>2</sup>	0.272	0.241	0.167
t <sub>asta</sub> , vm = 0.25 m/s	min	64.0	73.3	42.0
t <sub>asta</sub> , vm = 0.5 m/s	min	32.0	36.7	21.0
t <sub>asta</sub> , vm = 0.75 m/s	min	21.3	24.4	14.0
ta	min	10	5	7.5
tc, vm = 0.25m/s	min	74.0	78.3	49.5
tc, vm = 0.50m/s	min	42.0	41.7	28.5
tc, vm = 0.75m/s	min	31.3	29.4	21.5
tc(medio K, V, P)	h	<u>0.67</u>	<u>0.88</u>	<u>0.55</u>
tcG	h	2.94	3.28	3.22
tc, SCS	h	2.88	3.95	2.26
tp (t. di crescita)	h	1.92	2.63	1.51
tcV	h	0.86	0.99	0.73
tcP	h	0.77	1.03	0.63
tcK	h	0.40	0.62	0.29
<u>tc, adottato</u>	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
	min	40.2	52.8	33.0
V <sub>media</sub>	m/s	0.40	0.35	0.32
V <sub>media asta</sub>	m/s	0.53	0.38	0.41
L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
iv (Versanti)	%	0.60%	0.40%	0.50%
H <sub>0</sub>	mt	339.0	338.7	338.7
H <sub>medio aritm</sub>	mt	341.3	340.6	339.7
H <sub>medio</sub>	mt	341.3	340.6	339.7
H <sub>max asta</sub>	mt	343.5	342.5	340.6
H <sub>max</sub>	mt	347.5	342.8	344.3

#### 4.2 Altezza di pioggia

Per la definizione delle precipitazioni si adottano le formule di regionalizzazione del VAPI della Sardegna.

L'area di intervento appartiene alla sottozona omogenea SZO1

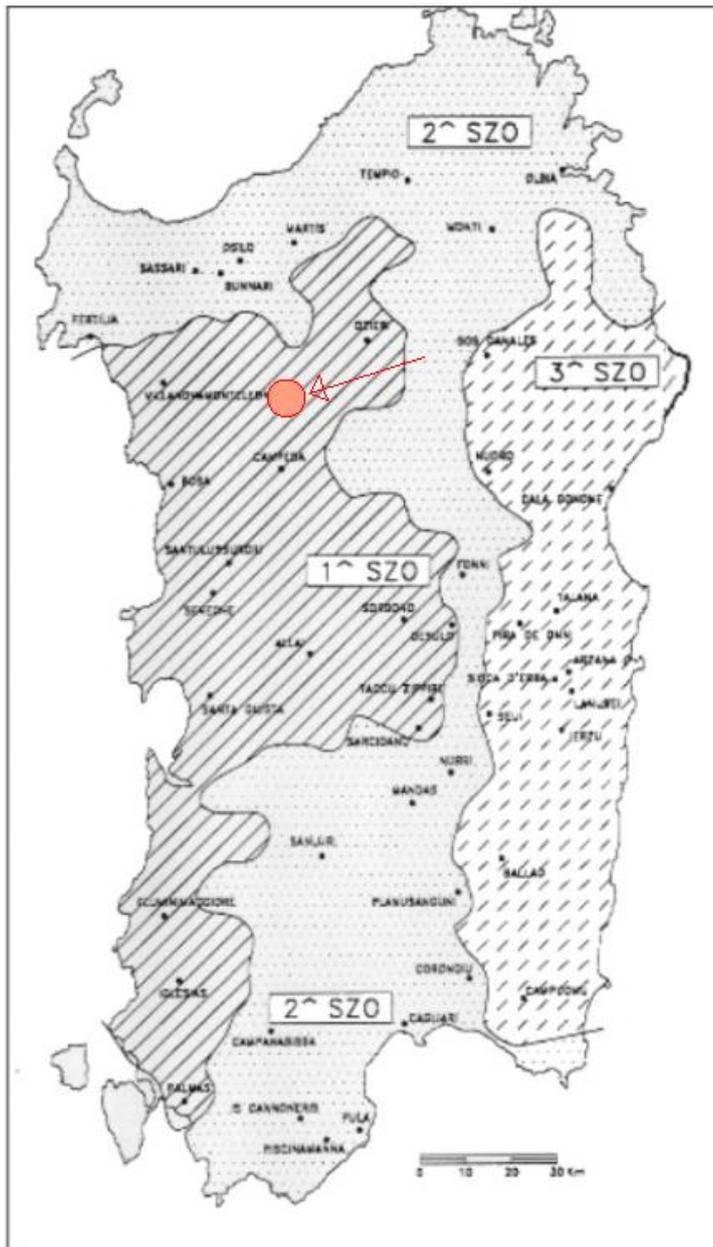


Figura 4 – Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna. In ciascuna zona i parametri del

**Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)**

La pioggia indice si determina con la classica espressione monomia:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

I coeff.  $a_1$  ed  $n_1$  vengono determinati in funzione della pioggia indice giornaliera:

$$a_1 = \mu_g / (0.886 * 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \text{Log}_{10} \mu_g$$

La pioggia indice giornaliera è stimata sulla base della seguente carta delle isoiete.

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

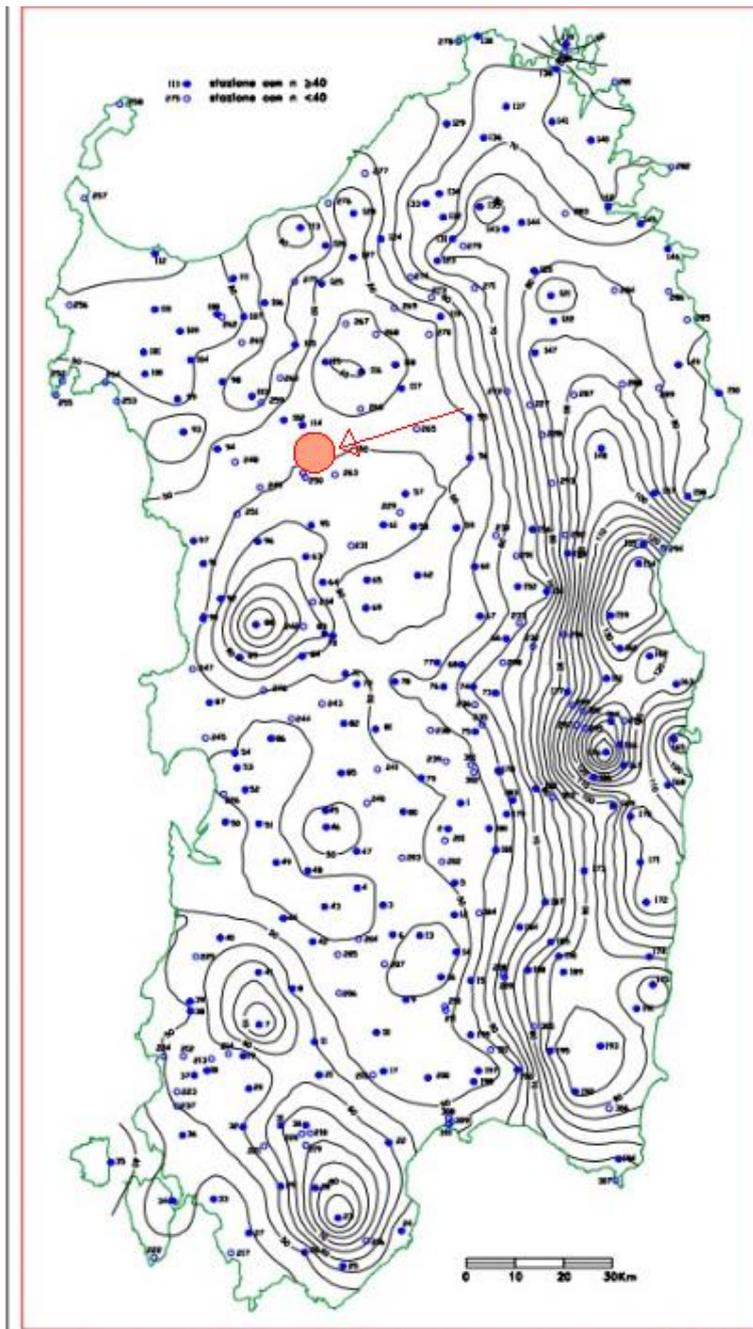


Figura 5 - Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997).

Nel caso specifico il valore della pioggia indice giornaliera viene approssimato a 50, essendo nell'area di intervento leggermente inferiore.

L'altezza di pioggia  $hT(\tau)$  di durata  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  (anni) si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(\tau)$  per il coeff. di crescita  $KT(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$

Quindi:

$$hT(\tau) = \mu(\tau) KT(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1 + n_2)}$$

I coeff.  $a_2$  ed  $n_2$  si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti T e  $\tau$

a) per tempi di ritorno T <= 10 ANNI

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0,66105 + 0,85994 \text{ Log}_{10} T ; \\ n_2 &= -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T ; \\ \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0,64767 + 0,89360 \text{ Log}_{10} T ; \\ n_2 &= -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T ; \\ \text{SZO 3} \quad a_2 &= 0,62408 + 0,95234 \text{ Log}_{10} T ; \\ n_2 &= -2,5392 \cdot 10^{-2} + 4,7188 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T ; \end{aligned}$$

b) per tempi di ritorno T > 10 ANNI

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0,46378 + 1,0386 \text{ Log}_{10} T && \leftarrow \\ n_2 &= -0,18449 + 0,23032 \text{ Log}_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 && \text{(per } \tau \leq 1 \text{ ora)} \\ n_2 &= -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T && \leftarrow \text{(per } \tau \geq 1 \text{ ora)} \\ \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0,44182 + 1,0817 \text{ Log}_{10} T \\ n_2 &= -0,18676 + 0,24310 \text{ Log}_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 && \text{(per } \tau \leq 1 \text{ ora)} \\ n_2 &= -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T && \text{(per } \tau \geq 1 \text{ ora)} \\ \text{SZO 3} \quad a_2 &= 0,41273 + 1,1370 \text{ Log}_{10} T \\ n_2 &= -0,19055 + 0,25937 \text{ Log}_{10} T - 3,8160 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 && \text{(per } \tau \leq 1 \text{ ora)} \\ n_2 &= 1,5878 \cdot 10^{-2} + 7,6250 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T && \text{(per } \tau \geq 1 \text{ ora)} \end{aligned}$$

Si ricavano i seguenti valori di intensità ed altezze lorde di pioggia

$i(tc=2,0; Tr=10)= 19.4\text{mm/h}$	$h(tc=2,0; Tr=10)=38,8$
$i(tc=2,0; Tr=30)= 27.3\text{mm/h}$	$h(tc=2,0; Tr=30)=\mathbf{54,5}$
$i(tc=2,0; Tr=50)= 31.0\text{mm/h}$	$h(tc=2,0; Tr=50)=62,0$
$i(tc=2,0; Tr=100)= 36.1\text{mm/h}$	$h(tc=2,0; Tr=100)=72,3$
$i(tc=2,0; Tr=200)= 41,3\text{mm/h}$	$h(tc=2,0; Tr=200)=\mathbf{82,6}$

### 4.3 Coeff. di deflusso

Viene utilizzato il metodo "CN" "Curve Number" del *Soil Conservation Service*.

Tale metodo assume che, in un evento di piena, il volume specifico di deflusso superficiale,  $P$ , sia proporzionale a quello precipitato,  $I$ , in ragione del rapporto tra il volume specifico infiltrato ( $F=P-I$ ) e un volume specifico  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

Tenendo in considerazione la depurazione dall'assorbimento iniziale  $I_a$ , si ottiene:

$$F/S = P / (I - I_a)$$

Dal bilancio di massa ( $F = I - I_a - P$ ) si ottiene la relazione:

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

che definisce la stima del volume defluente noto quello di pioggia ed i parametri  $I_a$  ed  $S$ .

La massima ritenzione potenziale  $S$  viene posta in relazione ad un parametro adimensionale **CN**, secondo la relazione:

$$S = S_0 (100/CN - 1)$$

$CN$  varia da 0 a 100 in funzione della natura del terreno e dall'uso del suolo;  $S_0$  è una costante di scala (254 per valori di precipitazione misurati in mm).

L'assorbimento iniziale viene assunto proporzionale al valore di  $S$ :

$$I_a = c S$$

In effetti la stima di  $c$  non è agevole; convenzionalmente si adotta  $c = 0,2$ .

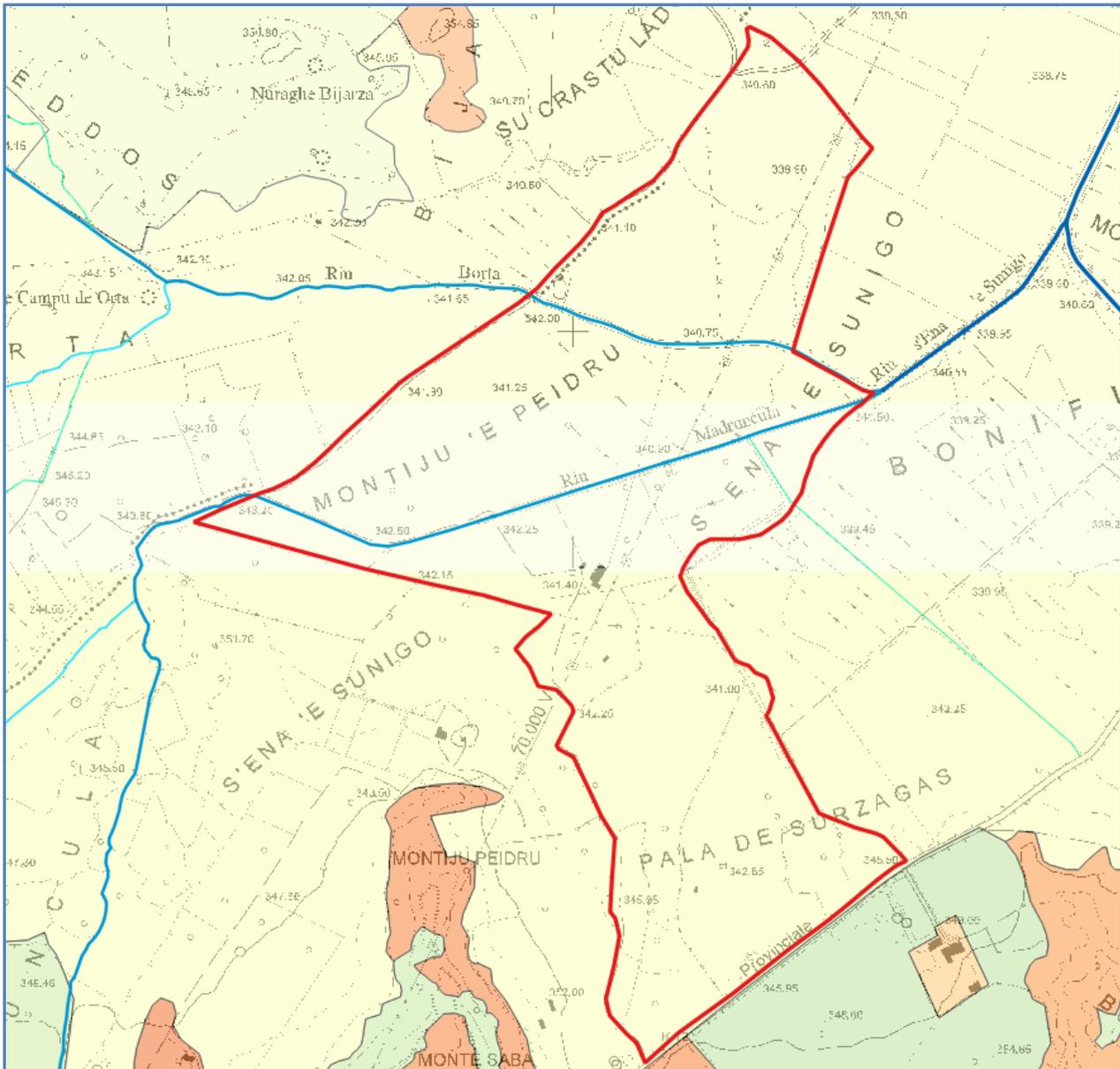
Come detto, i valori di  $CN$  sono posti in funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di  $CN$  in funzione dell'uso del suolo, raggruppati secondo 4 gruppi di tipologia di terreno, in ragione della loro permeabilità:

<b>A:</b> Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili
<b>B:</b> Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte le capacità all'infiltrazione anche alla saturazione.
<b>C:</b> Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D. Scarsa capacità di infiltrazione alla saturazione.
<b>D:</b> Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

**Figura 16 - Capacità di deflusso dei terreni**

Nel caso in esame l'area di intervento nella configurazione ante operam è omogenea: l'uso del suolo è interamente quello dei seminativi in aree non irrigue, come può essere facilmente osservato dalle mappe d'uso del suolo ed anche con riscontro delle ortofoto mostrate ai paragrafi precedenti.



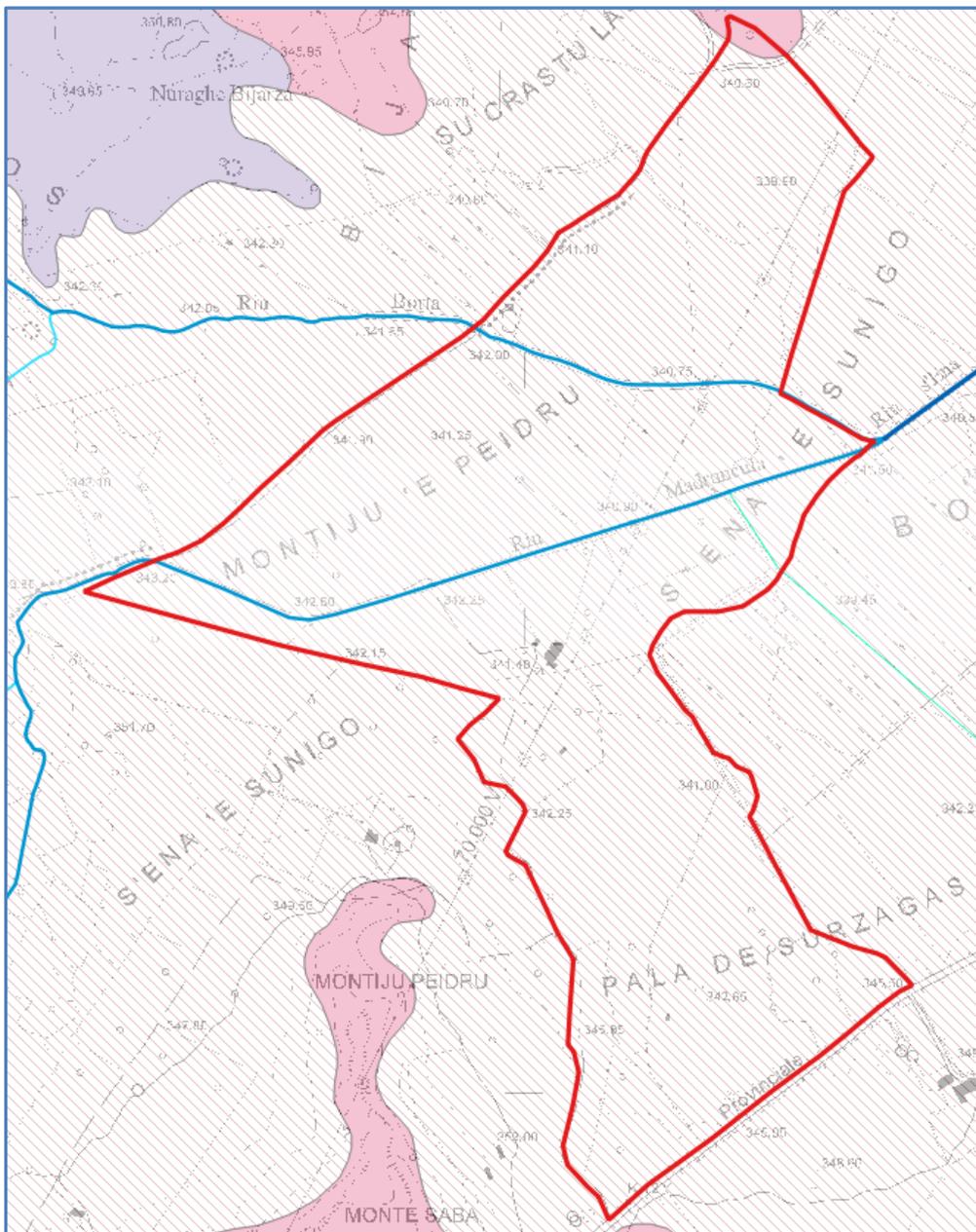
**Figura 17 - Stralcio mappa uso del suolo**

I valori di CN relativi alla configurazione post operam sono definiti allo specifico capitolo dell'invarianza idraulica.

La carta litologica (da cui è ricavata la carta della permeabilità) vede l'area di intervento sostanzialmente interamente compresa nella classe C1.3 (depositi terrigeni continentali legati a gravità (detriti di versante, frane, coltri eluvio-colluviali, "debris avalanches", brecce), per la quale la Permeabilità è medio alta (MA) per porosità.

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Alle classi *Alta* e *Medio Alta* di permeabilità, si può associare la **classe di suolo di tipo A**. (da Carta del Curve Number Regionale – Dipartimento Geologico, Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna - 2019)



**Figura 18 - Figura 4 10. Carta dei valori di CN per uso suolo della Regione Sardegna ("Corine Land Cover – 2008).**

Si è inoltre adottato prudenzialmente un valore di imbibizione dei terreni intermedio ("2.5" nelle tabelle) tra quello "normale" (AMCII) e quello dei terreni fortemente imbibiti (AMCIII).

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Tabella 2. Valore del Curve Number in funzione dell'uso del suolo (Corine) e del tipo di suolo (Elaborazione ADIS)

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D	Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98	DISCARICHE	1321	90	92	94	95
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95	DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95	AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95	AREE ARCHEOLOGICHE	1422	40	60	70	84
CANTIERI	133	90	92	94	95	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84	PRATI ARTIFICIALI, COLTURE FORAGGERE OVE SI PUÒ RICONOSCERE UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I SEMINATIVI E UNA CERTA PRODUTTIVITÀ, SONO SEMPRE POTENZIALMENTE RICONVERTITI A SEMINATIVO, POSSONO ESSERE RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2112	67	71	81	89
CIMITERI	143	57	77	85	89	RISAIE	2121	66	77	85	89
VIGNETI	221	72	81	88	91	VIVAI	2122	98	98	98	98
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89	COLTURA IN SERRA	2123	66	77	85	89
OLIVETI	223	72	81	88	91	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	2124	98	98	98	98
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI	224	67	78	85	89	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	2411	59	74	82	86
PRATI STABILI	231	67	71	81	89	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI E SEMINATIVI ARBORATI CON COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL 25%)	2412	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86	BOSCO DI LATIFOGLIE	2413	59	74	82	86
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	63	73	82	88	ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI (LATIFOGLIE)	3111	39	51	63	70
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81	BOSCHI DI CONIFERE	3112	39	51	63	70
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83	CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3121	39	51	63	70
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGLIE	313	39	51	63	70	FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE, STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE (ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI ECC.)	3122	39	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89	FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE, STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE (ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI ECC.)	3221	51	58	73	80
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86	FORMAZIONI DI RIPANON ARBOREE	3222	51	58	73	80
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98	MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90	GARIGA	3232	51	58	73	80
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100	AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
SALINE	422	100	100	100	100	SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98	AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3312	56	73	82	86
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100	AREE DUNALI CON COPERTURA VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A 25 M	3313	56	73	82	86
MARI	523	100	100	100	100	LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	1111	89	92	94	96	FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87	CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME A CARATTERE RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80	BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E FABBRICATI RURALI A CARATTERE TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	73	BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95	LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	1212	89	92	94	95						
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98						
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI, SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96						
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E SIMIL.)	1223	92	93	94	95						
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE (TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95						

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Le classi di uso del suolo sono, come detto, prevalentemente i seminativi in aree non irrigue, ma, vedendo con maggiore dettaglio, al suo interno è possibile evidenziare anche strade in terra battuta non asfaltate, e fabbricati rurali con le proprie corti (classe 1122).

All'uso di suolo relativo alle strade in terra battuta, non asfaltata vengono assegnati i seguenti valori bibliografici di CN:

A	B	C	D
72	82	87	89

USO SUOLO		B1	B2	B3
Seminativi in aree non irrigue	km <sup>2</sup>	0.259	0.241	0.161
	%	95.2%	100.0%	96.4%
Fabbricati Rurali	km <sup>2</sup>	0.009		0.002
	%	3.3%		1.2%
Pannelli fotovoltaici	km <sup>2</sup>			
	%			
Cabine di trasformazione	km <sup>2</sup>			
	%			
Strade in misto stabilizzato	km <sup>2</sup>			
	%			
Strade in terra battuta, non asfaltate	km <sup>2</sup>	0.004		0.004
	%	1.5%		2.4%
Altro	km <sup>2</sup>			
	%			
TOTALE	km <sup>2</sup>	<b>0.272</b>	<b>0.241</b>	<b>0.167</b>
	%	100.0%	100.0%	100.0%

	CLASSE	B1	B2	B3
CN	A	61.1	61.0	61.2
CN	B	73.2	73.0	73.2
CN	C	81.1	81.0	81.2
CN	D	84.1	84.0	84.1

CN per classe scelta	A	61.1	61.0	61.2
----------------------	---	------	------	------

CN per condizioni ante prec.	2.5	69.8	69.7	69.9
------------------------------	-----	------	------	------

(\*): intermedie tra AMCII e AMCIII

#### 4.4 Portate ed idrogrammi di piena

Per la costruzione dell'idrogramma, assunto che il valore dell'altezza di pioggia lorda cumulata è stato calcolato con il metodo sopra descritto (VAPI formule di regionalizzazione della Sardegna – zona omogenea SZO1), si adotta lo ietogramma di pioggia tipo "Chicago", che prevede la presenza di un picco di intensità di precipitazione ad un tempo  $t_p = r t_c$  (con  $r$  pari a 0.50 nel nostro caso); questa forma dell'intensità di

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

precipitazione permette di ovviare ai limiti dell'utilizzo di una equazione di intensità di pioggia asintotica al tempo zero.

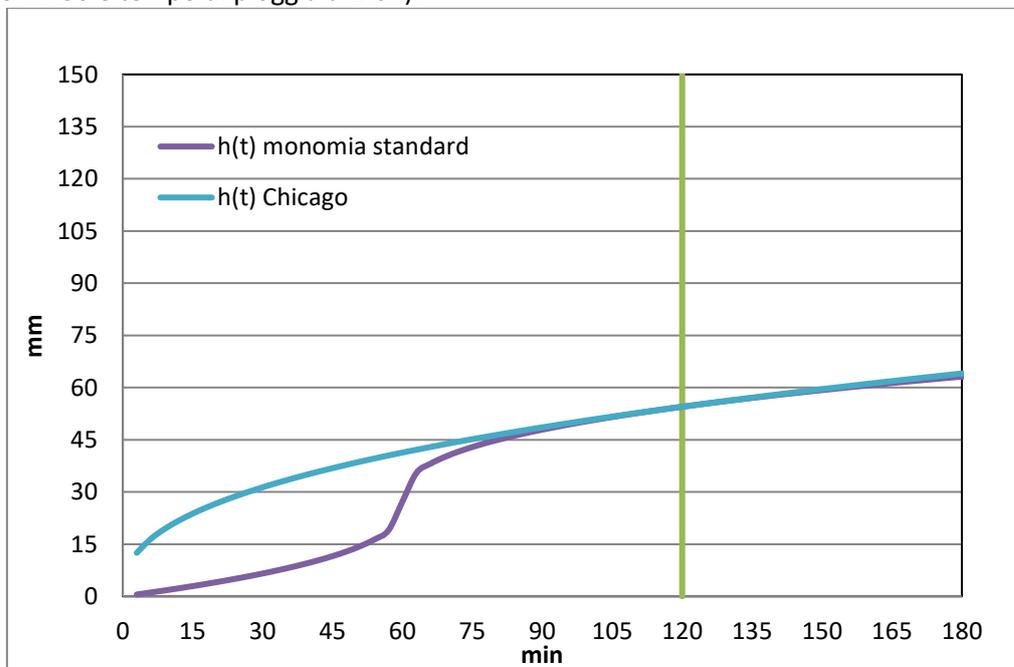
L'intensità di pioggia per l'equazione classica esponenziale monomia è data da:

$$i(t) = a' n' [(r t c - t)/r]^{n-1} \quad (\text{tratto ascendente fino al picco})$$

$$i(t) = a' n' [(t-rtc)/(1-r)]^{n-1} \quad (\text{tratto discendente dopo il picco})$$

Dove  $a'$  e  $n'$  sono sostituiti rispettivamente da  $a_1 * a_2$  e da  $n_1+n_2$  nel nostro caso di altezza di pioggia individuata dalle formule VAPI Sardegna.

Il valore della cumulata di pioggia calcolata al tempo di pioggia  $t_p$  ( $h(t_p, Tr)$ ) corrisponde chiaramente al valore della precipitazione di progetto sopra determinata (sotto la curva per le precipitazioni associate al tempo di ritorno  $Tr=30$  e tempo di pioggia  $t=2.0h$ ).



Per la costruzione vera e propria degli idrogrammi viene utilizzato il metodo dell'invaso.

$$Q_{ti} = S \times (h_n)_{ti} \times (1 - e^{-t/k}) + Q_{ti-1} e^{-t/k}$$

Come accennato in precedenza la costante di invaso  $k=ct$  (con  $c=0.75$ ) è calcolata **in funzione del tempo di corruzione  $t_c$  proprio dei sub-bacini** e non del tempo di pioggia.

L'idrogramma di piena è riportato nella successiva **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**; i dati riepilogati nella tabella di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e le tabelle successive.

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

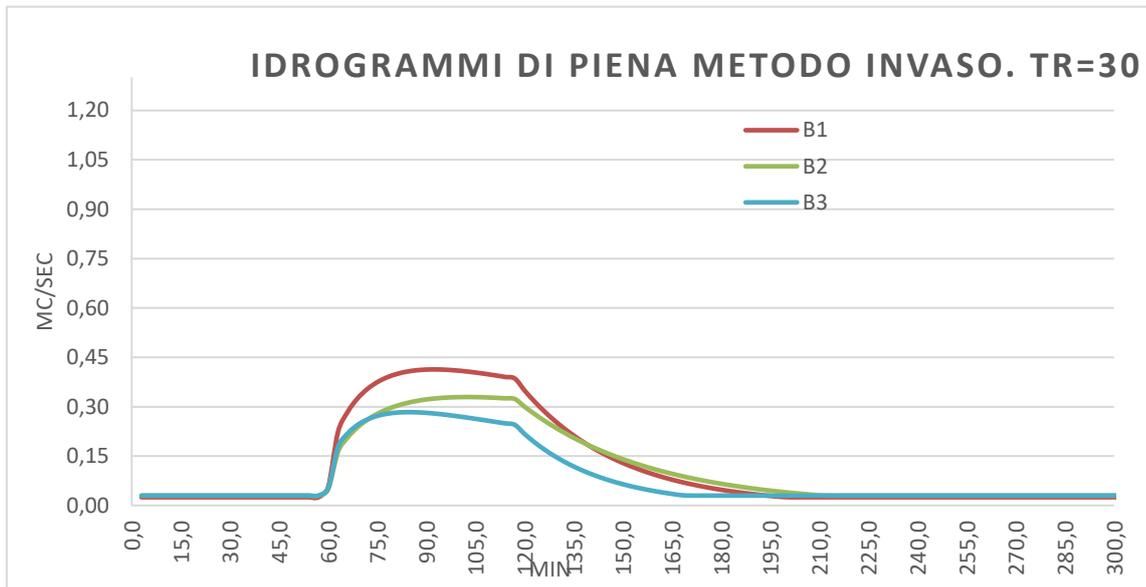


Figura 19 -Idrogrammi di piena. Tr=30 eTr200. Ante Operam

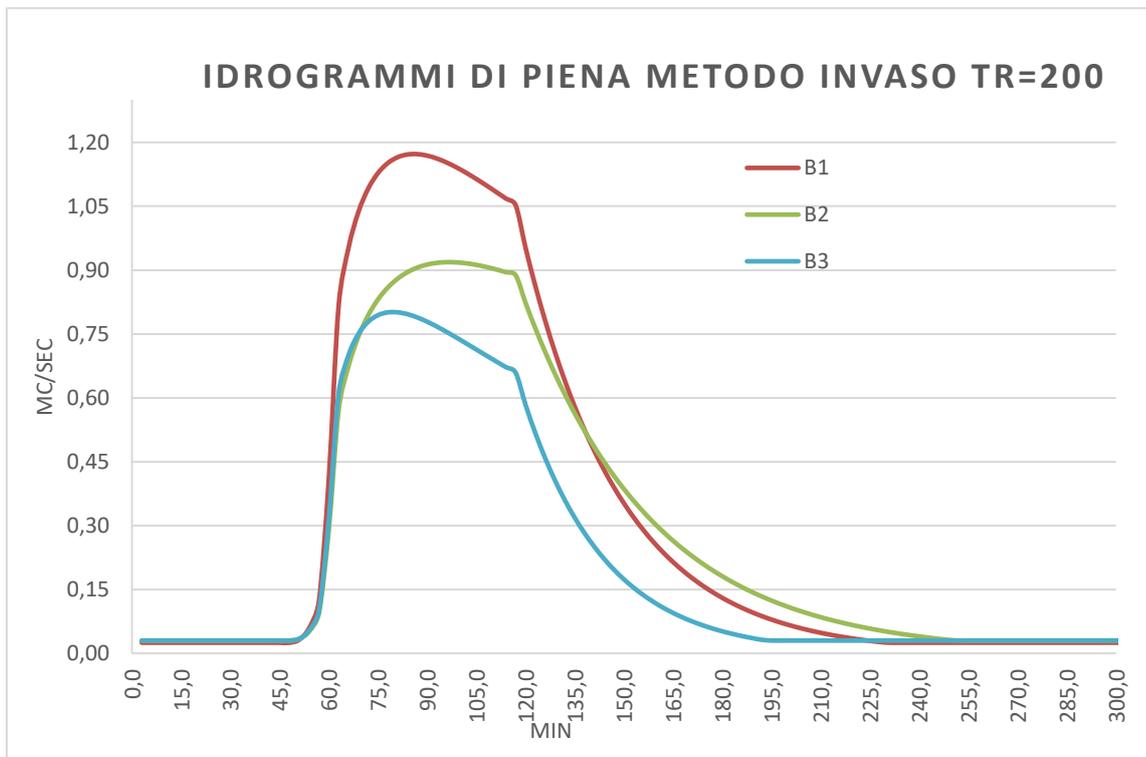


Figura 20 - Portate di massima piena ed altri parametri idrologici dei sub-bacini. TR da 10 anni a 200 anni.

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

TR=	10	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
-----	----	-----------	-----------	-----------

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	km <sup>2</sup>	0.272	0.241	0.167
L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>61.10</b>	<b>61.00</b>	<b>61.24</b>
medio CNII e CNIII		<b>69.80</b>	<b>69.72</b>	<b>69.92</b>
Cd medio		<u>0.06</u>	<u>0.06</u>	<u>0.06</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	mc/sec	<b>0.13</b>	<b>0.11</b>	<b>0.09</b>
Q/S	mc/sec*km <sup>2</sup>	<u>0.48</u>	<u>0.45</u>	<u>0.55</u>

TR	<b>30</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
----	-----------	-----------	-----------	-----------

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	km <sup>2</sup>	0.272	0.241	0.167
L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>61.10</b>	<b>61.00</b>	<b>61.24</b>
medio CNII e CNIII		<b>69.80</b>	<b>69.72</b>	<b>69.92</b>
Cd medio		<u>0.13</u>	<u>0.13</u>	<u>0.14</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	mc/sec	<b>0.41</b>	<b>0.33</b>	<b>0.28</b>
Q/S	mc/sec*km <sup>2</sup>	<u>1.52</u>	<u>1.37</u>	<u>1.70</u>

TR	<b>50</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
----	-----------	-----------	-----------	-----------

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	km <sup>2</sup>	0.272	0.241	0.167
L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>61.10</b>	<b>61.00</b>	<b>61.24</b>
medio CNII e CNIII		<b>69.80</b>	<b>69.72</b>	<b>69.92</b>
Cd medio		<u>0.17</u>	<u>0.17</u>	<u>0.17</u>

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	<i>mc/sec</i>	<b>0.59</b>	<b>0.47</b>	<b>0.40</b>
Q/S	<i>mc/sec*km2</i>	<u>2.16</u>	<u>1.93</u>	<u>2.42</u>

TR	100	B1	B2	B3
----	-----	----	----	----

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	<i>km2</i>	0.272	0.241	0.167
L	<i>km</i>	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	<i>h</i>	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>61.10</b>	<b>61.00</b>	<b>61.24</b>
medio CNII e CNIII		<b>69.80</b>	<b>69.72</b>	<b>69.92</b>
Cd medio		<u>0.22</u>	<u>0.21</u>	<u>0.22</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	<i>mc/sec</i>	<b>0.86</b>	<b>0.68</b>	<b>0.59</b>
Q/S	<i>mc/sec*km2</i>	<u>3.17</u>	<u>2.82</u>	<u>3.54</u>

TR	200	B1	B2	B3
----	-----	----	----	----

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	<i>km2</i>	0.272	0.241	0.167
L	<i>km</i>	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	<i>h</i>	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>61.10</b>	<b>61.00</b>	<b>61.24</b>
medio CNII e CNIII		<b>69.80</b>	<b>69.72</b>	<b>69.92</b>
Cd medio		<u>0.26</u>	<u>0.26</u>	<u>0.26</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	<i>mc/sec</i>	<b>1.17</b>	<b>0.92</b>	<b>0.80</b>
Q/S	<i>mc/sec*km2</i>	<u>4.31</u>	<u>3.81</u>	<u>4.80</u>

## 5 VERIFICHE DI INVARIANZA IDRAULICA ED INTERVENTI PROPOSTI.

Vengono di seguito eseguite delle valutazioni per verificare quanto gli interventi in progetto possono avere un'influenza in termini di aumento della pressione idrica sul reticolo idraulico superficiale.

Come anticipato in premessa, l'elemento di maggiore criticità è dovuto all'individuazione di un valore appropriato del coeff. di deflusso dovuto all'uso del suolo a seguito dell'installazione dei pannelli fotovoltaici. Infatti, non c'è ancora una sufficiente bibliografia di supporto per assegnare valori di coeff. di deflusso all'uso del suolo caratterizzato dalla presenza di un campo fotovoltaico: come noto infatti i moduli dei pannelli sono sorretti da una struttura di pali di piccolo diametro infissi nel terreno senza elemento di fondazione, pertanto l'effettiva occupazione del terreno è praticamente trascurabile. Il terreno tra e sotto i pannelli, sostanzialmente non subisce modifiche rispetto alla configurazione ante operam, tanto che molti progettisti impongono il medesimo valore del coeff. di deflusso dello stato ante operam.

**Viene appreso proposto un criterio quantitativo di valutazione del coeff. di deflusso a seguito dell'installazione di pannelli fotovoltaici, basato sull'uso del metodo CN, descritto ai capitoli precedenti.**

Ricordiamo che il metodo CN assume che, in un evento di piena, il volume specifico di deflusso superficiale,  $P$ , sia proporzionale a quello precipitato,  $I$ , in ragione del rapporto tra il volume specifico infiltrato ( $F=P-I$ ) e un volume specifico  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

Tenendo in considerazione la depurazione dall'assorbimento iniziale  $I_a$ , si ottiene:

$$F/S = P / (I - I_a)$$

Dal bilancio di massa ( $F = I - I_a - P$ ) si ottiene la relazione:

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

che definisce la stima del volume defluente.

Dove come noto:

$$S = S_0 (100/CN - 1)$$

$$I_a = c S \quad (c=0.15 \div 0.20)$$

Nel caso di un campo fotovoltaico le stringhe di pannelli hanno una determinata larghezza  $L_p$  e sono distanziate tra di loro  $ds$ .

Nelle condizioni più sfavorevoli si può immaginare che, mentre il volume di pioggia precipitato ricade (come ovvio che sia) su tutta la superficie disponibile per unità di lunghezza di stringa ( $L_p + ds$ ), il volume infiltrato  $F$  abbia a disposizione solo la superficie (per unità di lunghezza) di terreno compresa tra i pannelli, ossia  $ds$ .

Quindi, se  $h$  ( $t_p, T_r$ ) è l'altezza di pioggia di progetto, l'altezza di pioggia equivalente (quindi il volume di pioggia equivalente) che si riversa sulla fascia di terreno disponibile all'infiltrazione ricadente tra le stringhe di pannelli, sarà pari a:

$$h_{eq}(t_p, T_r) = h(t_p, T_r) * (L_p + ds) / ds$$

Nel caso della geometria di layout in progetto ciascuna fila dei tracker di pannelli ha larghezza di ca.  $L_p = 2.30$  mt ed interasse di 8,55m, quindi la distanza (luce) tra le stringhe è pari a ca.  $ds = 6.2$  mt.

Il volume di pioggia effettivo che ricade sulla superficie di infiltrazione disponibile è pari a  $2.30 + 6.20 / 6.20 = 1.37$  volte quello di pioggia.

Con riferimento al sottobacino B1 (ma le stesse considerazioni chiaramente valgono anche per gli altri) applicando il metodo CN alle stesse condizioni di progetto indicate al capitolo precedente, ossia  $T_r = 30$ ,  $t_p = 2$  h,

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

$h_{tp=2h, Tr=30} = 51.4\text{mm}$ , condizioni di imbibimento dei terreni intermedie (2.5) tra AMCII e AMCIII, con  $CN_{AMCII}=61$ ,  $CNA_{2.5}=69.7$ , il valore del coeff. di deflusso Cd aumenterebbe da  $Cd=0.120$  a  $Cd=0.21$ .

Analogamente per condizioni standard AMCII si passa da  $Cd=0.038$  a  $Cd=0.102$ .

Per condizioni di forte imbibimento dei terreni (AMCIII): da  $Cd=0.254$  a  $Cd=0.359$ .

L'aumento del coeff. di deflusso (che percentualmente è minore all'aumentare delle condizioni di imbibimento dei terreni) è quindi apprezzabile sotto queste ipotesi di calcolo.

Queste ipotesi, tuttavia, devono certamente considerarsi limite, e difficilmente hanno riscontro con l'effettiva dinamica della corrivazione delle acque meteoriche sui terreni di un campo fotovoltaico.

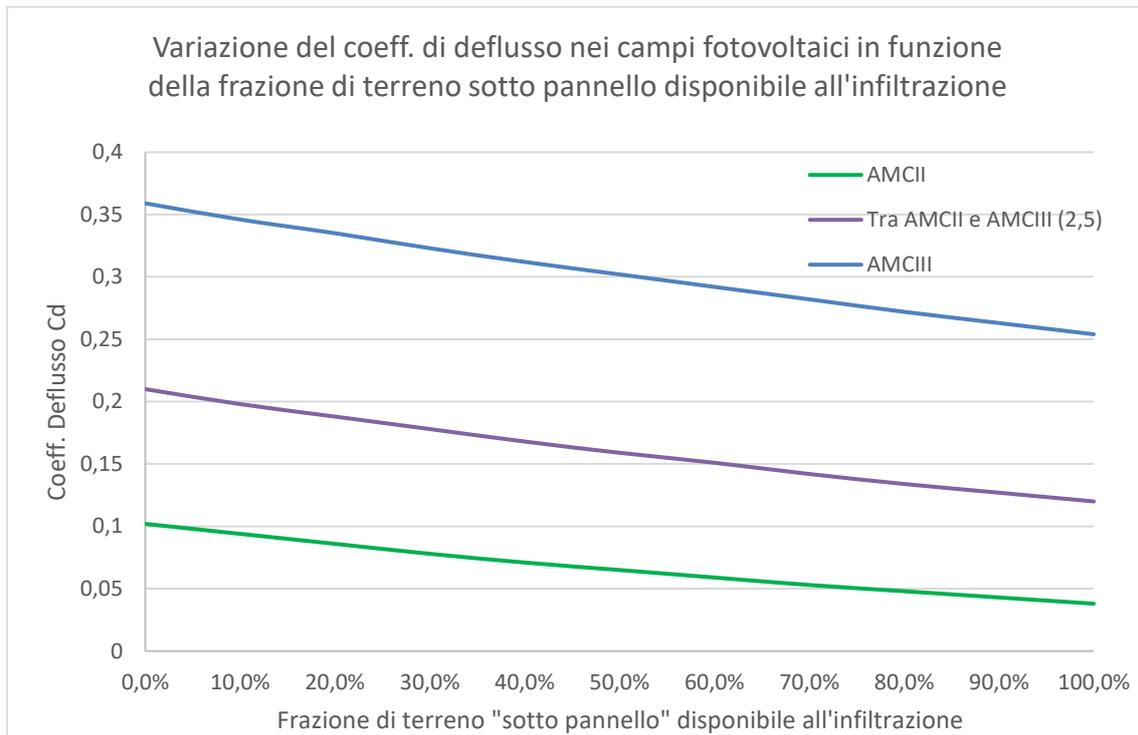
Infatti, ammettere che la sola porzione di terreno ricadente tra i pannelli sia disponibile per l'infiltrazione, equivale ad immaginare una corrivazione delle acque scolanti unicamente in direzione parallela alle stringhe; è come se, in pratica, tra ogni stringa fossero presenti dei piccoli canalini paralleli all'asse delle stesse, che adducono l'acqua al di fuori del campo fotovoltaico in direzione del reticolo superficiale, senza interessamento alcuno della porzione di superficie ubicata al di sotto dei pannelli. E' ovvio che questa ipotesi è fisicamente poco realistica, e, tra l'altro, per poter essere riscontrata, richiederebbe una rimodellazione dei terreni (per l'appunto praticando dei canalini tra le stringhe) che oltretutto è poco opportuna, in quanto i suoli occupati dai campi fotovoltaici debbono sostanzialmente essere mantenuti nelle stesse condizioni presenti prima dell'intervento.

Ciò detto, la situazione fisica che ragionevolmente è da attendersi, è che il volume effettivo di pioggia  $heq$  ( $tp, Tr$ ) =  $h$  ( $tp, Tr$ ) \*  $(Lp+ds)/ds$  che (direttamente o indirettamente) ricade sulla fascia di suolo interposta tra i pannelli, defluisca, almeno in parte, anche nella fascia di terreno ubicata al di sotto dei pannelli.

Ponendo  $F_{inf,p}$  la frazione di larghezza sotto pannello disponibile all'infiltrazione, la massima capacità di infiltrazione nel terreno (capacità di campo S) dovrà essere maggiorata rispetto a quella disponibile nella sola fascia ds, in ragione del rapporto:

$$Seq = S (ds + F_{inf,p} Lp) / ds$$

Nel grafico seguente è riportata la variazione del coeff. di deflusso (alle stesse condizioni idrologiche di progetto sopra definite) in funzione del diverso grado di terreno posto al di sotto dei pannelli fotovoltaici, disponibile all'infiltrazione.



Aumentando progressivamente la frazione di terreno  $F_{inf,p}$  disponibile all'infiltrazione si passa dall'ipotesi limite sopra vista per  $F_{inf,p}=0\%$  dove chiaramente il coeff. Cd sarà massimo, al medesimo valore  $C_{d,Ante}$  pari a quello ricavato nelle condizioni ante operam quando tutta la superficie è disponibile all'infiltrazione ( $F_{inf,p}=100\%$ ).

Nel calcoli che seguono viene adottato un valore  $F_{inf,p}=70\%$ , ossia si ammette che quasi i tre quarti del terreno al di sotto dei pannelli sia fruibile per l'infiltrazione delle acque scolanti.

Con questa ipotesi l'aumento del coeff. di deflusso che si ottiene (per  $Tr=30$  anni;  $tp=2h$ ;  $CN_{AMCI}=61$ ):

- **AMCII:**  $C_{d, Ante} = 0.038 - C_{d, pannelli} = 0.053 (+37,8\%)$
- **Intermedio tra AMCII e AMCIII:**  $C_{d, Ante} = 0.120 - C_{d, pannelli} = 0.142 (+18,7\%)$
- **AMCIII:**  $C_{d, Ante} = 0.254 - C_{d, pannelli} = 0.282 (+10,8\%)$

Il valore adottato  $F_{inf,p}$  del 70% di terreno disponibile all'infiltrazione sembra cautelativo, anche considerando la morfologia dell'area di intervento: l'aumento percentuale, in funzione delle condizioni di imbibizione dei terreni passerebbe da ca il +10% a ca. il +35%, valori ragionevoli, e che comunque possono essere ritenuti conservativi, sempre ricordando che molti addetti ai lavori considerano praticamente nullo l'aumento del coeff. di deflusso dovuto alla presenza dei campi agrivoltaici.

**In effetti nel caso dell'impianto in questione la pendenza dei terreni è sulla maggior parte dell'area molto bassa, risultando anzi l'area prevalentemente sub-pianeggiante: in queste condizioni è effettivamente molto difficile immaginare una corrivazione tra le stringhe senza che vi sia interessamento della superficie dei terreni sotto i pannelli; piuttosto invece, quando i terreni tra le stringhe tenderanno a raggiungere la condizione di imbibizione, le acque tenderanno naturalmente a propagarsi anche in direzione dei terreni limitrofi sotto pannello, dove le condizioni sono di nuovo favorevoli all'infiltrazione.**

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

In ultimo si deve assegnare un valore di CN ai terreni agricoli con installazione dei campi fotovoltaici, che riproduca valori di coeff. di deflusso simili a quelli ricavati nell'assunzione  $F_{inf,p} = 70\%$ : questo risultato si ottiene in pratica aumentando da ca. il 3,5% a ca. 1.5% (passando rispettivamente dalla classe A alla classe D) i valori di CN assegnati all'uso del suolo dei terreni seminativi in area non irrigua (i valori ante operam), ricavando:

ANTE	CN <sub>Sem non Irr</sub> - A	CN <sub>Sem non Irr</sub> - B	CN <sub>Sem non Irr</sub> - C	CN <sub>Sem non Irr</sub> - D
		61	73	81
POST	CN <sub>Campo FOT</sub> - A	CN <sub>Campo FOT</sub> - B	CN <sub>Campo FOT</sub> - C	CN <sub>Campo FOT</sub> - D
	63.0	74.7	82.5	85.2

A questo punto possiamo finalmente definire il valore del coeff. di deflusso dell'area di intervento nella situazione post operam, con riferimento al layout di impianto.

Oltre al campo agrivoltaico sono presenti le cabine di trasformazione, e le strade interne di servizio, una parte carrabile (in misto stabilizzato) una parte in terra battuta.

POST OPERAM

USO SUOLO		B1	B2	B3
Seminativi in aree non irrigue	km <sup>2</sup>	0.065	0.132	0.058
	%	23.9%	54.6%	34.4%
Fabbricati Rurali	km <sup>2</sup>	0.009		0.002
	%	3.3%		1.2%
Are coperta a pannelli fotovoltaici	km <sup>2</sup>	0.185	0.105	0.095
	%	68.0%	43.6%	56.9%
Cabine di trasformazione	km <sup>2</sup>	0.001	0.001	0.001
	%	0.4%	0.2%	0.3%
Strade: pavimentazioni con cordoli e fognature	km <sup>2</sup>			
	%			
Strade di progetto in misto stabilizzato	km <sup>2</sup>	0.008	0.004	0.006
	%	2.9%	1.7%	3.6%
Strade esistenti in terra battuta, non asfaltate	km <sup>2</sup>	0.004		0.004
	%	1.5%		2.4%
TOTALE	km <sup>2</sup>	<b>0.272</b>	<b>0.241</b>	<b>0.167</b>
	%	100.0%	100.0%	100.0%

CLASSE	B1	B2	B3
CN A	63.0	62.2	63.0
CN B	74.8	74.0	74.7
CN C	82.4	81.8	82.3
CN D	85.2	84.7	85.1

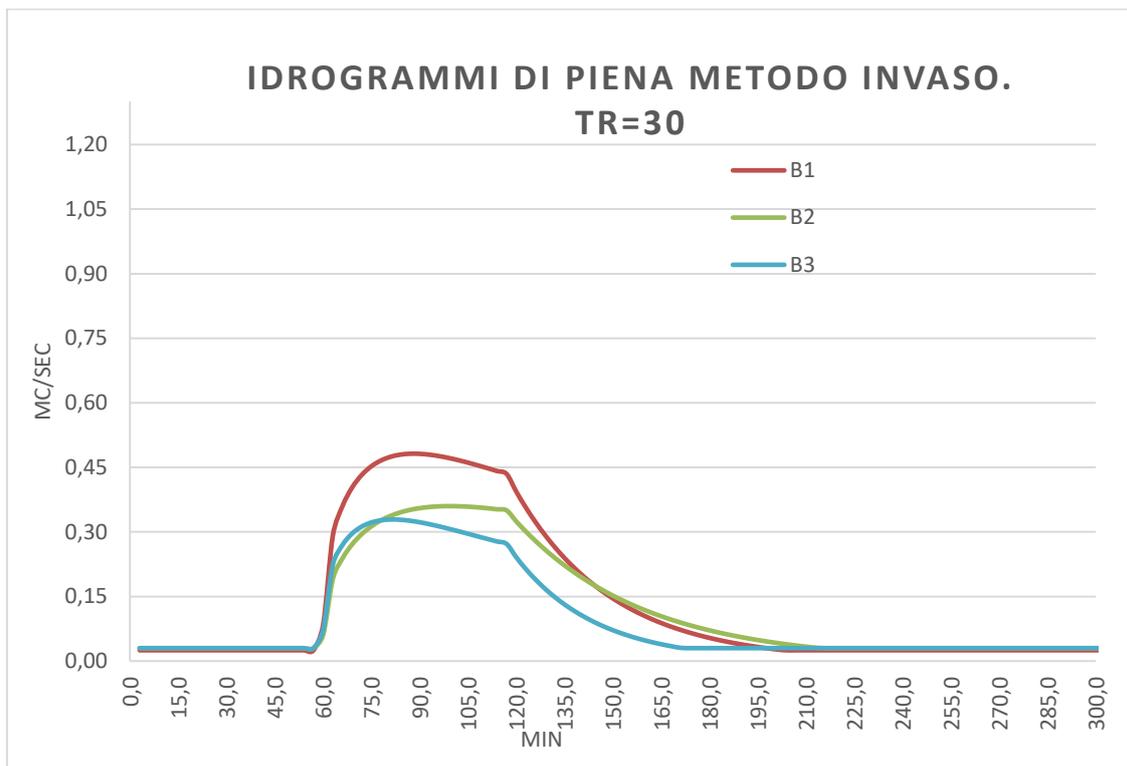
CN per classe scelta	A	<b>63.0</b>	<b>62.2</b>	<b>63.0</b>
----------------------	---	-------------	-------------	-------------

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

CN per condizioni ante prec. 

2.5	<b>71.4</b>	<b>70.7</b>	<b>71.4</b>
-----	-------------	-------------	-------------

Con la medesima metodologia (metodo invaso) sopra definita, nelle condizioni post operam l'idrogramma di piena associata alla portata di piena  $Tr=30$  è il seguente:



Le tabelle che seguono riassumono i parametri della verifica idrologica per i diversi tempi di ritorno:

TR	10	B1	B2	B3
Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	km <sup>2</sup>	0.272	0.241	0.167
L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
tc, adottato	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
CN II		<b>63.03</b>	<b>62.20</b>	<b>63.03</b>
medio CNII e CNIII		<b>71.45</b>	<b>70.74</b>	<b>71.44</b>
Cd medio		<u>0.07</u>	<u>0.06</u>	<u>0.07</u>

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	<i>mc/sec</i>	<b>0.17</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>
Q/S	<i>mc/sec*km2</i>	<u>0.61</u>	<u>0.51</u>	<u>0.70</u>

<b>TR</b>	<b>30</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	<i>c=0.75</i>	0.50	0.66	0.41
S	<i>km2</i>	0.272	0.241	0.167
L	<i>km</i>	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	<i>%</i>	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	<i>h</i>	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>63.03</b>	<b>62.20</b>	<b>63.03</b>
medio CNII e CNIII		<b>71.45</b>	<b>70.74</b>	<b>71.44</b>
Cd medio		<u>0.16</u>	<u>0.15</u>	<u>0.16</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	<i>mc/sec</i>	<b>0.48</b>	<b>0.36</b>	<b>0.33</b>
Q/S	<i>mc/sec*km2</i>	<u>1.77</u>	<u>1.49</u>	<u>1.97</u>

<b>TR</b>	<b>50</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	<i>c=0.75</i>	0.50	0.66	0.41

S	<i>km2</i>	0.272	0.241	0.167
L	<i>km</i>	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	<i>%</i>	0.47%	0.35%	0.30%
<u>tc, adottato</u>	<i>h</i>	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
<u>CN II</u>		<b>63.03</b>	<b>62.20</b>	<b>63.03</b>
medio CNII e CNIII		<b>71.45</b>	<b>70.74</b>	<b>71.44</b>
Cd medio		<u>0.19</u>	<u>0.18</u>	<u>0.19</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	<i>mc/sec</i>	<b>0.67</b>	<b>0.50</b>	<b>0.46</b>
Q/S	<i>mc/sec*km2</i>	<u>2.47</u>	<u>2.09</u>	<u>2.75</u>

<b>TR</b>	<b>100</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
-----------	------------	-----------	-----------	-----------

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	<i>c=0.75</i>	0.50	0.66	0.41

S	<i>km2</i>	0.272	0.241	0.167
---	------------	-------	-------	-------

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 42.344,64 kWp presso Bonorva (SS)

L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
tc, adottato	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
CN II		<b>63.03</b>	<b>62.20</b>	<b>63.03</b>
medio CNII e CNIII		<b>71.45</b>	<b>70.74</b>	<b>71.44</b>
Cd medio		<u>0.24</u>	<u>0.23</u>	<u>0.24</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	mc/sec	<b>0.97</b>	<b>0.73</b>	<b>0.66</b>
Q/S	mc/sec*km2	<u>3.56</u>	<u>3.01</u>	<u>3.95</u>

**TR**

**200**

**B1**

**B2**

**B3**

Coeff. Ragg.		0.994	0.995	0.995
Cost. invaso K	c=0.75	0.50	0.66	0.41

S	km2	0.272	0.241	0.167
L	km	0.96	1.10	0.63
ia (asta)	%	0.47%	0.35%	0.30%
tc, adottato	h	<b>0.67</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>
CN II		<b>63.03</b>	<b>62.20</b>	<b>63.03</b>
medio CNII e CNIII		<b>71.45</b>	<b>70.74</b>	<b>71.44</b>
Cd medio		<u>0.28</u>	<u>0.27</u>	<u>0.28</u>
Coeff. ritardo	☐	0.56	0.54	0.57
<b>Qmax</b>	mc/sec	<b>1.30</b>	<b>0.97</b>	<b>0.88</b>
Q/S	mc/sec*km2	<u>4.77</u>	<u>4.04</u>	<u>5.29</u>

## 6 INTERVENTI PROPOSTI

DAL CONFRONTO DEI VALORI RICAVATI NELLE CONDIZIONI ANTE E POST OPERAM, PUR NELL'ADOZIONE DI VALORI CONSERVATIVI, SI PUÒ VEDERE CHE L'AUMENTO DI PORTATA DOVUTO ALLA PRESENZA DEL CAMPOAGRIVOLTAICO È MOLTO MARGINALE, SOSTANZIALMENTE TRASCURABILE.

Gli interventi di mitigazione che vengono suggeriti devono adattarsi al contesto agricolo dell'area, senza che siano modificate le caratteristiche pedologiche ed agrarie dei terreni.

Gli interventi in sostanza dovranno rientrare nella normale manutenzione ordinaria di terreni agricoli.

Si suggeriscono i seguenti interventi:

- Ricavare piccole scoline e canalini di raccolta delle acque di corrivazione con asse preferenziale ortogonale alle curve di massimo livello, in particolare nell'area sud dell'impianto dove è maggiore la pendenza dei versanti. La rete di drenaggio sarebbe in questo modo più articolata e di fatto aumenterebbe il tempo di corrivazione del sub-bacino (aumenta la lunghezza del percorso dell'asta principale), con conseguente riduzione dei picchi di portata a parità di precipitazione;
- Prevedere sistemi di drenaggio o di vero e proprio accumulo in corrispondenza delle cabine di trasformazione: si possono prevedere piccole trincee di accumulo ai margini delle piazzole, drenaggi, o eventualmente potranno essere installati specifici serbatoi (interrati o esterni) di raccolta dell'acqua dai pluviali delle coperture delle cabine: le acque accumulate potrebbero poi essere eventualmente riutilizzate per irrigazione della vegetazione di mitigazione;
- Soprattutto nelle aree sub-pianeggianti le cunette laterali alle nuove strade interne in progetto potranno essere realizzate con sovradimensionamento della sezione rispetto alle normali esigenze di collettamento e smaltimento delle acque di pioggia, in modo tale che parte del volume in esse riversato dalle strade sia effettivamente disponibile come volume di accumulo-compenso: i volumi di pioggia eventualmente eccedenti l'accumulo disponibile potranno riverserebbero in direzione del reticolo superficiale mediante bocche di stramazzo tarate su valori modesti. Terminata la pioggia le acque naturalmente tenderanno ad infiltrare nei suoli del fondo delle cunette, rendendo disponibile nuovamente i volumi per le successive precipitazioni.

E' importante ancora sottolineare che i sistemi proposti sono del tutto coerenti con le pratiche normalmente attuate nel contesto agricolo dell'area di intervento, potendo essere assimilate ai canalini e scoline di campo secondari realizzati sui fondi agricoli per garantire la corretta regimazione delle acque, senza quindi modificare la morfologia dei luoghi e le caratteristiche pedologiche dei terreni.

Ed infatti i nuovi elementi di drenaggio e corrivazione saranno inseriti e collegati alla rete dei canalini minori del tessuto agricolo già presenti nell'area (vedi cap 0), senza la necessità di realizzare nuovi scarichi diretti di acque meteoriche sui corsi d'acqua demaniali e/o pubblici dell'area.

## 7 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Foto aerea zenitale dell'area di impianto .....	3
Figura 2 - Particelle catastali interessate .....	5
Figura 3 - Inquadramento cartografico. Su stradario da geoportale "Sardegna Mappe" - comuni di Bonorva e Giave.....	8
Figura 4 - Stralcio foglio catastale n° 17 Comune Bonorva .....	9
Figura 5 - Stralcio CTR cartografia 1:10.000. Fogli 480140 – 480100. Elementi idrici Strahler .....	10
Figura 6 - Stralcio tavole dall'atlante fasce fluviali fiume Coghinas .....	11
Figura 7 - Stralcio mappa Aree a Pericolosità Idraulica (geoportale "Sardegna Mappe") .....	13
Figura 8 - Elementi idrici Strahler su CTR - area di intervento.....	16
Figura 9 - Fasce di prima salvaguardia corsi d'acqua con ordine di horton-strahler .....	17
Figura 10 - Corsi d'acqua e canalini secondari zona di intervento .....	19
Figura 11 Rete dei canalini di drenaggio – dettaglio parte sud.....	20
Figura 12 - Rete dei canalini di drenaggio. Dettaglio parte nord.....	21
Figura 13 -Stralcio reticolo idrografico con sovrapposizione impluvi demaniali .....	22
Figura 14 -Inviluppo delle fasce di prima salvaguardia e di rispetto dei 10mt di cui alla lett. f art. 96 R.D. 523/1904.....	23
Figura 15 - Canalini scolanti interni al campo fotovoltaico.....	24
Figura 16 - Capacità di deflusso dei terreni .....	32
Figura 17 - Stralcio mappa uso del suolo.....	33
Figura 18 - Figura 4 10. Carta dei valori di CN per uso suolo della Regione Sardegna ("Corine Land Cover – 2008).....	34
Figura 19 -Idrogrammi di piena. Tr=30 eTr200. Ante Operam.....	38
Figura 20 - Portate di massima piena ed altri parametri idrologici dei sub-bacini. TR da 10 anni a 200 anni.....	38