

# PV ICHNOSOLAR S.R.L.

Via Ettore de Sonnaz n. 19, 10121 Torino (TO) - Italy. P.I. 02379130517 - C.S. 10.000,00 i.v.  
PEC [pvichnosolar@pec.it](mailto:pvichnosolar@pec.it)  
REA TO - 1293228

## Impianto fotovoltaico "Macchiareddu" VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

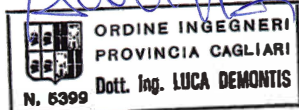


00	05/10/2021	Emissione	Gruppo di progettazione	Ing. Luca DEMONTIS	PV ICHNOSOLAR S.R.L.
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Luca DEMONTIS  
(coordinatore)

Ing. Sandro CATTA



Dott. Geol. Daniele De Lisa



TITOLO:

**RELAZIONE IDROLOGICA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

**R.07**

ALLEGATI:

PAGINE:

1 di -

FORMATO:

A4

## INDICE

INDICE .....	1
1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA .....	4
<b>3.1 DEPOSITI OLOCENICI</b> .....	4
4. ANALISI IDROLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO .....	6
<b>4.1. METODOLOGIA UTILIZZATA</b> .....	6
<b>4.2. IDENTIFICAZIONE DEI BACINI DI PROGETTO</b> .....	7
<b>4.3. STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE</b> .....	8
5. CONCLUSIONI .....	18

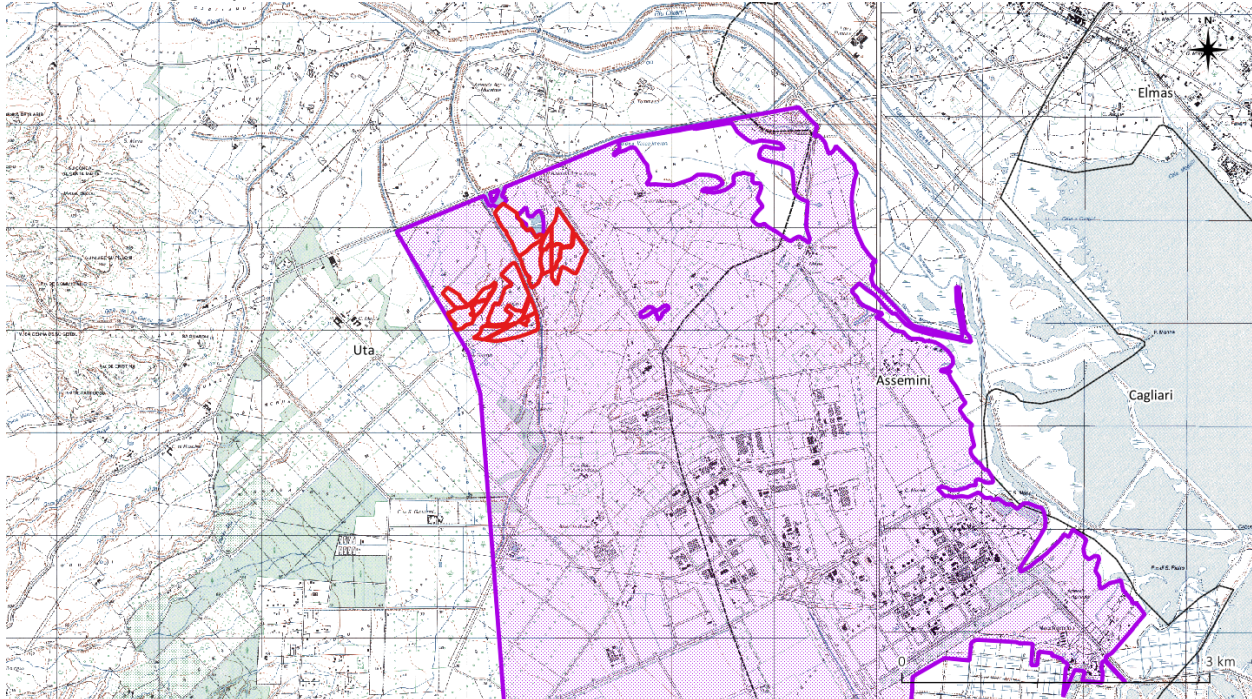
## **1. PREMESSA**

Il presente documento definisce le caratteristiche idrologiche delle aree interessate dalla realizzazione di impianti fotovoltaici all'interno dell'area industriale di Macchiareddu.

In particolare è stata effettuata un'analisi idrologica finalizzata alla valutazione delle portate al colmo di piena da utilizzare nella progettazione esecutiva per l'eventuale realizzazione delle opere di regimazione delle acque scolanti nelle aree degli impianti. L'analisi è stata eseguita considerando un tempo di ritorno duecentennale attraverso l'applicazione del metodo razionale (CSC) in conformità alle "Linee Guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" e alle "Metodologie di analisi degli studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF)".

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto ha come obiettivo la realizzazione di campi fotovoltaici ubicati in n. 3 lotti principali siti all'interno dell'area industriale di Macchiareddu nel Comune di Uta nella Provincia di Cagliari come riportato in Figura 1. I lotti copriranno un'area complessiva di circa 63,3 ha per una potenza nominale di 42MW. Per la descrizione delle caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche si rimanda alla Relazione Geologica. Di seguito si riporta soltanto un estratto relativo alle caratteristiche geologiche dei terreni interessati dagli impianti.



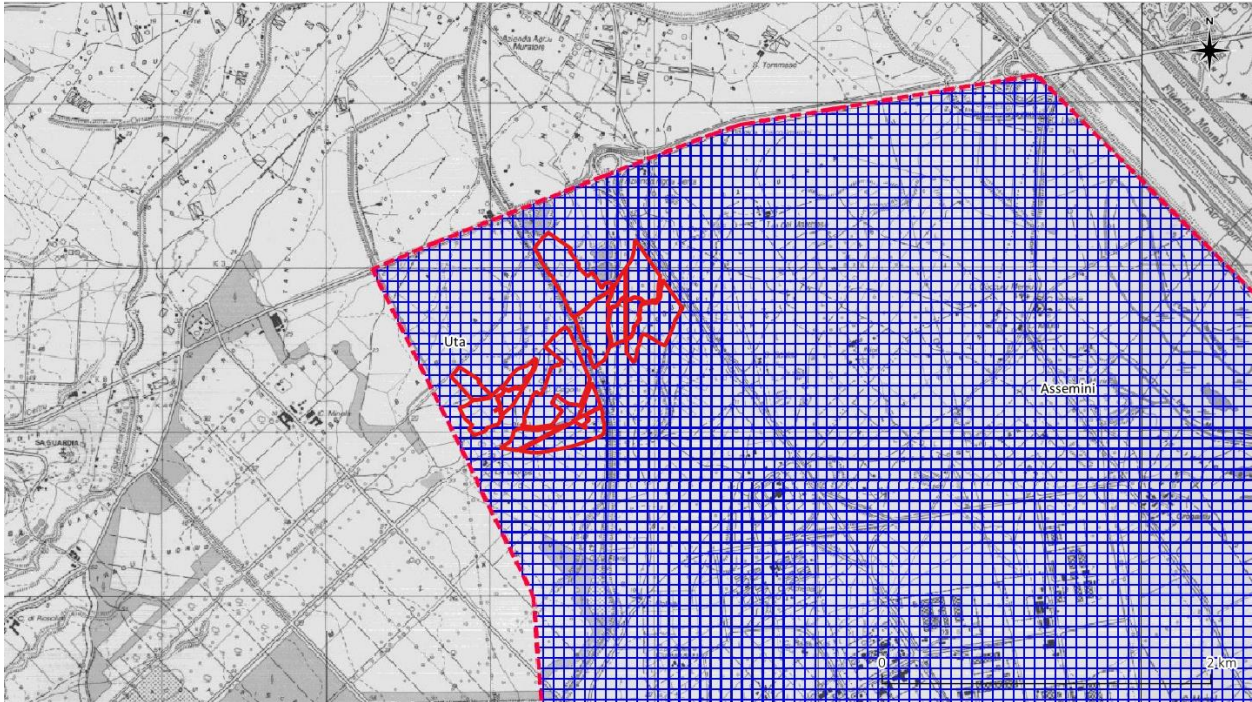


Figura 1 – Ubicazione delle aree di progetto con la perimetrazione dell'area industriale di Macchiareddu su base IGM 25.000.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

Nelle aree di progetto sono presenti due principali unità deposizionali separate da un'importante superficie di erosione corrispondente a una fase di incisione e terrazzamento: il sintema di Portovesme (PVM), attribuito al Pleistocene superiore, e i depositi olocenici.

#### Sintema di Portovesme (PVM)

Questa unità affiora estesamente nel Foglio Assemini, soprattutto lungo la valle del Cixerri e nella piana di Uta. Il sintema è composto da due subsintemi: il subsintema di Portoscuso (PVM2) rappresentato da depositi di conoide alluvionale (PVM2a) costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane, sino alla taglia dei blocchi, a spigoli subangolosi e subarrotondati. Essi presentano strutture incrociate concave in genere di limitata ampiezza e profondità. Sono inoltre frequenti lenti e livelli piano paralleli o massivi. I sedimenti più fini, rappresentati da sabbie grossolane sono sempre molto subordinati e si presentano in lenti e livelli intercalati ai livelli ghiaiosi.

Questi sedimenti sono stati depositi da corsi d'acqua a canali intrecciati. Nei pressi dei versanti, in alcune località (ad es. nella zona apicale della conoide del Riu Gutturreddu) sono presenti intercalazioni di lenti di ghiaie con clasti angolosi e subangolosi a confermare, oltre che un limitato trasporto, la contemporanea presenza di processi di degradazione fisica, verosimilmente crioclastismo, sui versanti limitrofi.

#### **3.1 DEPOSITI OLOCENICI**

Questi depositi sono rappresentati sia da sedimenti attuali che da quelli derivati dalle modificazioni oloceniche dell'ambiente fisico e dunque caratterizzati da gradi variabili di inattività e seppellimento. Tra questi depositi sono compresi anche depositi alluvionali terrazzati posti a quote inferiori rispetto ai terrazzi pleistocenici. I depositi più rappresentati sono quelli di pianura alluvionale, che mostrano passaggi

progressivi a quelli di conoide alluvionale; sono ben rappresentati anche i depositi di versante. La natura di questi sedimenti e la relazione laterale tra le varie facies è alquanto complessa.

#### Depositi alluvionali terrazzati (bna)

I depositi alluvionali terrazzati ricoprono i sedimenti del sintema di Portovesme e sono ricoperti a sua volta dai depositi alluvionali attuali. Si tratta di ghiaie a stratificazione incrociata concava deposte all'interno di canali bassi e poco continui, alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela.

Nell'area apicale della conoide i sedimenti sono separati dall'unità del Pleistocene superiore (sintema di Portovesme) solamente da una scarpata. Nella parte medio-distale invece i torrenti alimentati dalla fuoriuscita delle acque di infiltrazione nella parte apicale hanno generato piccole valli, e sugli spartiacque sono rimasti lembi di depositi alluvionali terrazzati olocenici posti a quote anche lievemente differenti l'uno dall'altro. In genere si tratta di depositi di esiguo spessore.

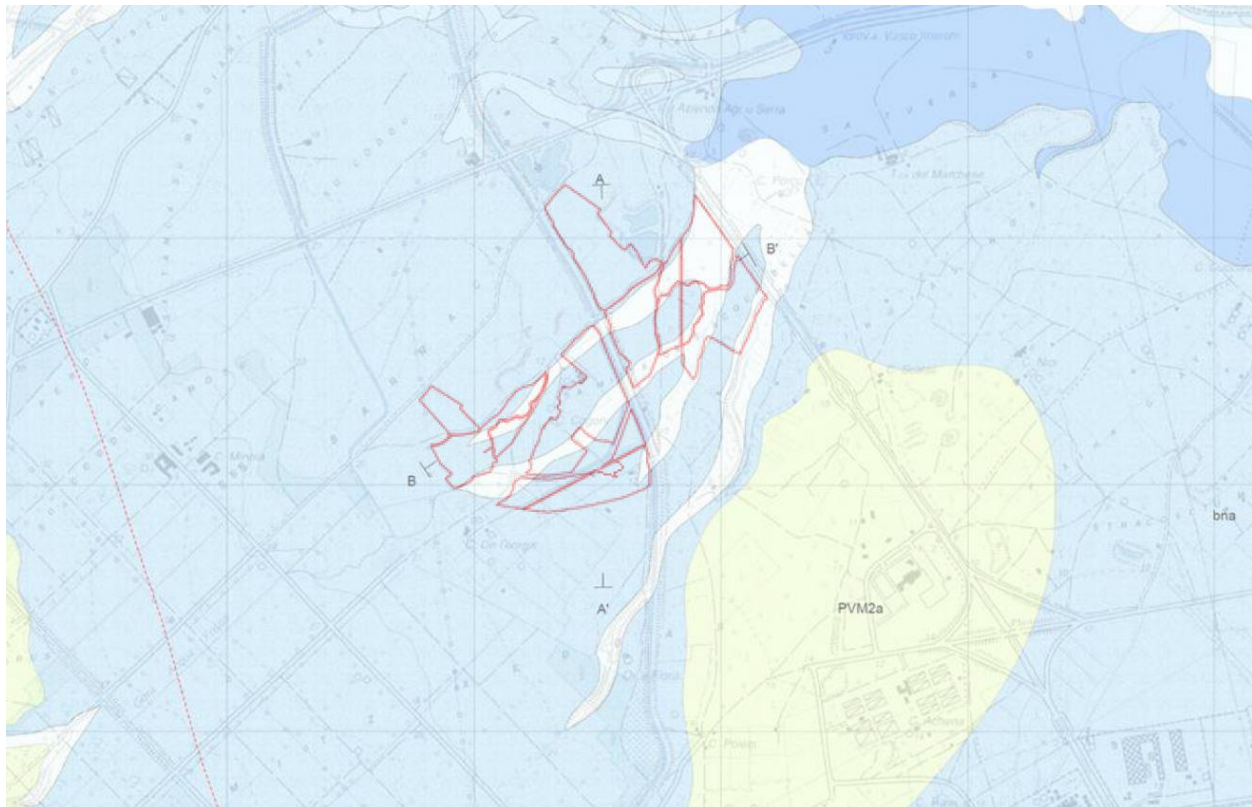
#### Depositi di versante (a)

Si tratta di depositi detritici costituiti da clasti angolosi in genere di spessore limitato (alcuni metri) osservati sulle pendici dei rilievi costituiti da rocce vulcanoclastiche, laviche o intrusive.

#### Depositi alluvionali (ba)

I sedimenti alluvionali sono in genere grossolani e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli di sabbia. Le strutture sedimentarie non si differenziano da quelle già descritte per i depositi alluvionali terrazzati olocenici, a testimoniare la presenza in un passato più o meno prossimo di corsi a canali intrecciati. I sedimenti fini aumentano notevolmente verso la costa del Golfo di Cagliari.

Avvicinandosi ai versanti i sedimenti all'interno degli alvei possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi.



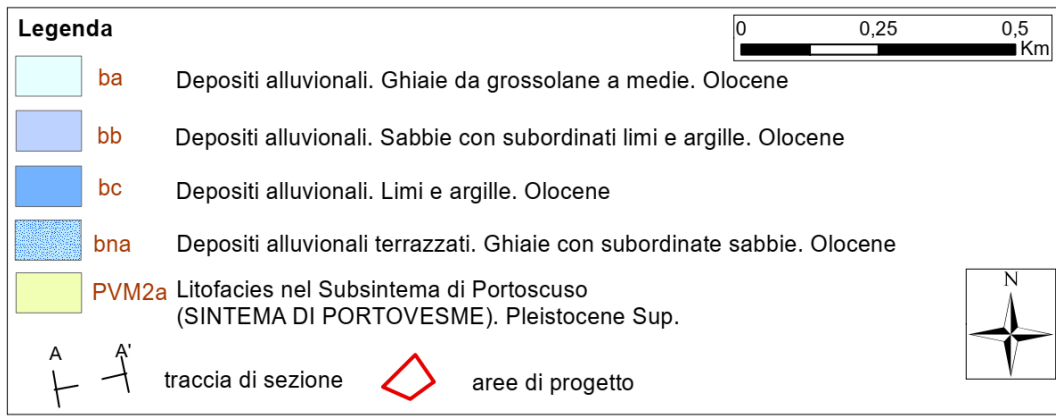


Figura 2 – Carta geologica.

#### 4. ANALISI IDROLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO

L'analisi idrologica sviluppata nel seguito tende a stimare le portate di piena da utilizzare nella progettazione delle opere di regimazione idraulica dell'area di intervento.

In particolare, sulla base di quanto indicato nelle "Linee guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" e alle Metodologie di analisi degli studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF), si procede alla stima delle portate al colmo nella sezione di chiusura del bacino scolante, con tempo di ritorno di 200 anni, attraverso il metodo SCS-CN proposto dal Soil Conservation Service.

##### 4.1. METODOLOGIA UTILIZZATA

Come previsto dalle Linee Guida la stima delle portate al colmo viene fatta mediante la formula empirica del Soil Conservation Service (SCS), in base ai seguenti criteri:

- l'intensità di pioggia viene calcolata tramite l'analisi regionale (VAPI, 1996);
- il tempo di corrivazione ( $t_c$ ) viene valutato a partire dai parametri morfometrici, secondo l'espressione empirica più rispondente alla tipologia di bacino in esame;
- i coefficienti di deflusso derivano dall'analisi secondo il metodo SCS-Curve Number.

Stante le ridotte dimensioni areali del bacino di progetto ( $< 1 \text{ km}^2$ ) nella stima delle portate si adotteranno le seguenti assunzioni:

- il tempo di corrivazione ( $t_c$ ) coincide con la durata della pioggia netta  $D$ ;
- il tempo di crescita dell'onda di piena ( $t_p$ ) è uguale al tempo di corrivazione ( $t_c$ ).

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_c = 0.28 R_0 A / t_c \text{ (m}^3/\text{s)} \quad 1.1$$

dove:

Ro = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);  
A = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)  
tc = tempo di corrivazione (h)

Nei successivi paragrafi verranno descritte le assunzioni e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

#### **4.2. IDENTIFICAZIONE DEI BACINI DI PROGETTO**

Le aree di progetto, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, si estendono complessivamente per circa 65 ha all'interno dell'area industriale di Macchiareddu. Data la distribuzione dei lotti, le analisi idrologiche sono state eseguite considerando la suddivisione dei singoli lotti e della esistenti reti di collettamento come rappresentato in Figura 3.

Data la presenza di canali di scolo artificiali e di fossette in prossimità della viabilità principale, i singoli lotti interessati dagli impianti fotovoltaici sono stati considerati come singoli bacini ai fini della stima delle portate di progetto.



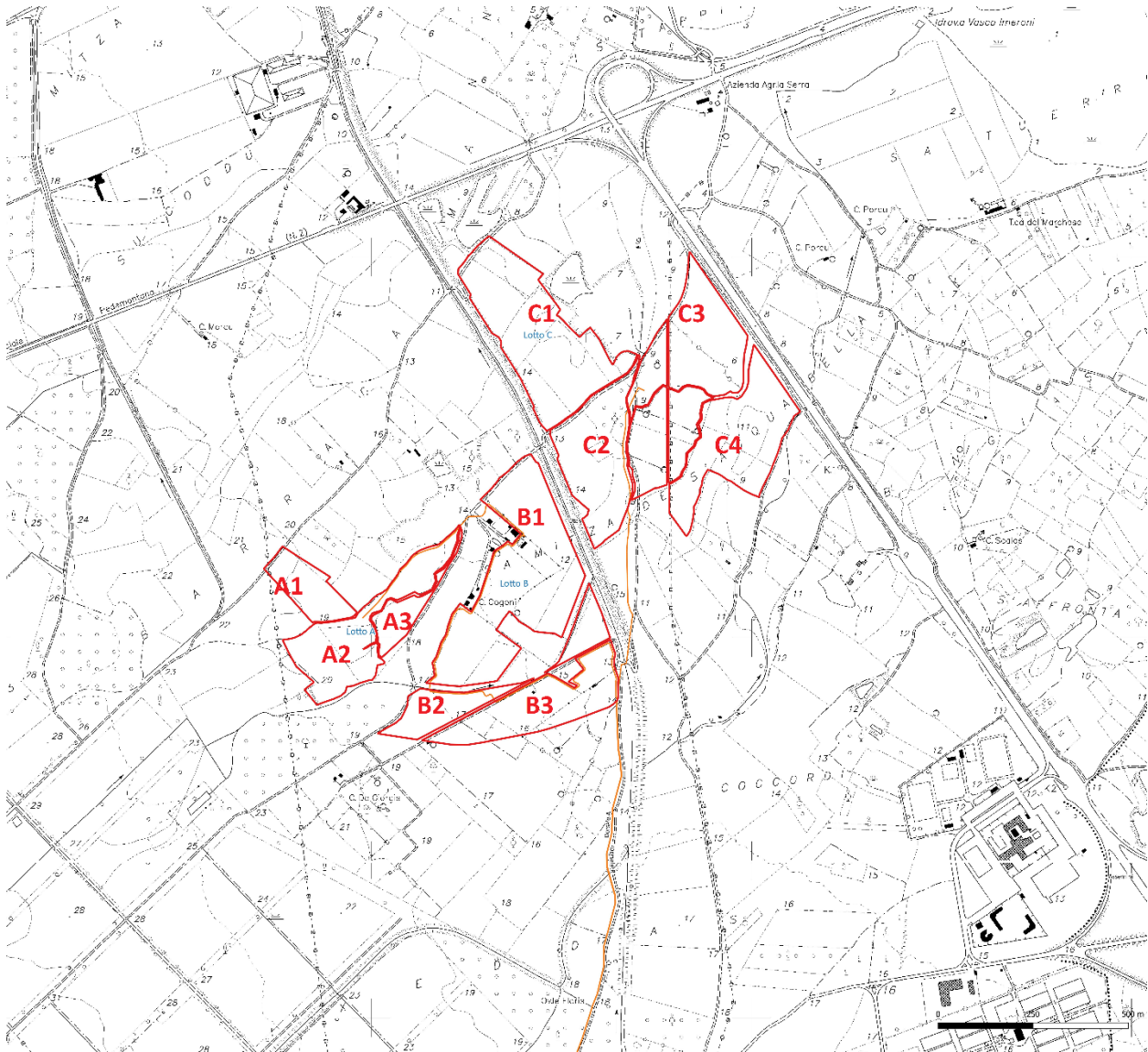


Figura 3 – Ubicazione dei lotti.

#### 4.3. STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione del bacino di progetto viene stimato attraverso la formulazione proposta da Kirpich, valida per bacini inferiori a 0.43 km<sup>2</sup>:

$$t_c = 0.000325 * L_p^{0.77} * i_a^{-0.385} \quad 1.2$$

Dove:

$t_c$ =tempo di corrivazione (h)

$L_p$ =la lunghezza dell'asta principale (m)

$i_a$ =la pendenza media del bacino (-)

<i>Lotto</i>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<i>Area (circa m<sup>2</sup>)</i>	23.000	55.500	14.000	115.000	22.500	66.500	97.000	60.000	64.000	108.000
$t_c=0,000325 \cdot L^{0,77} \cdot i_v^{0,385}$ (h)	0.35	0.56	0.33	0.57	0.44	0.58	0.27	0.33	0.34	0.51
<i>L<sub>p</sub> (m)</i>	270	500	250	520	370	530	200	250	260	450
<i>i<sub>a</sub></i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

### 3.4 ANALISI PLUVIOMETRICA

Il calcolo delle precipitazioni di progetto è stato effettuato seguendo l'analisi regionale sulle precipitazioni brevi e intense riportate nel progetto VAPI Sardegna in base alla quale è possibile definire dalla curva di possibilità pluviometrica il valore della precipitazione di progetto in funzione della durata d per un fissato tempo di ritorno T.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica è espressa come:

$$h(T) = a \cdot d^n \quad 1.3$$

dove i parametri della curva a e n vengono definiti a livello regionale.

La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice  $\bar{h}(d)$ , è funzione della pioggia media giornaliera  $\bar{h}_g$ , secondo l'espressione:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 \cdot 24^{(-0.493+0.476 \text{ LOG}(\bar{h}_g))}} \cdot d^{(-0.493+0.476 \text{ LOG}(\bar{h}_g))} \quad 1.4$$

La pioggia media giornaliera è individuabile dalla distribuzione spaziale presente sulla carta regionale delle isoiete.

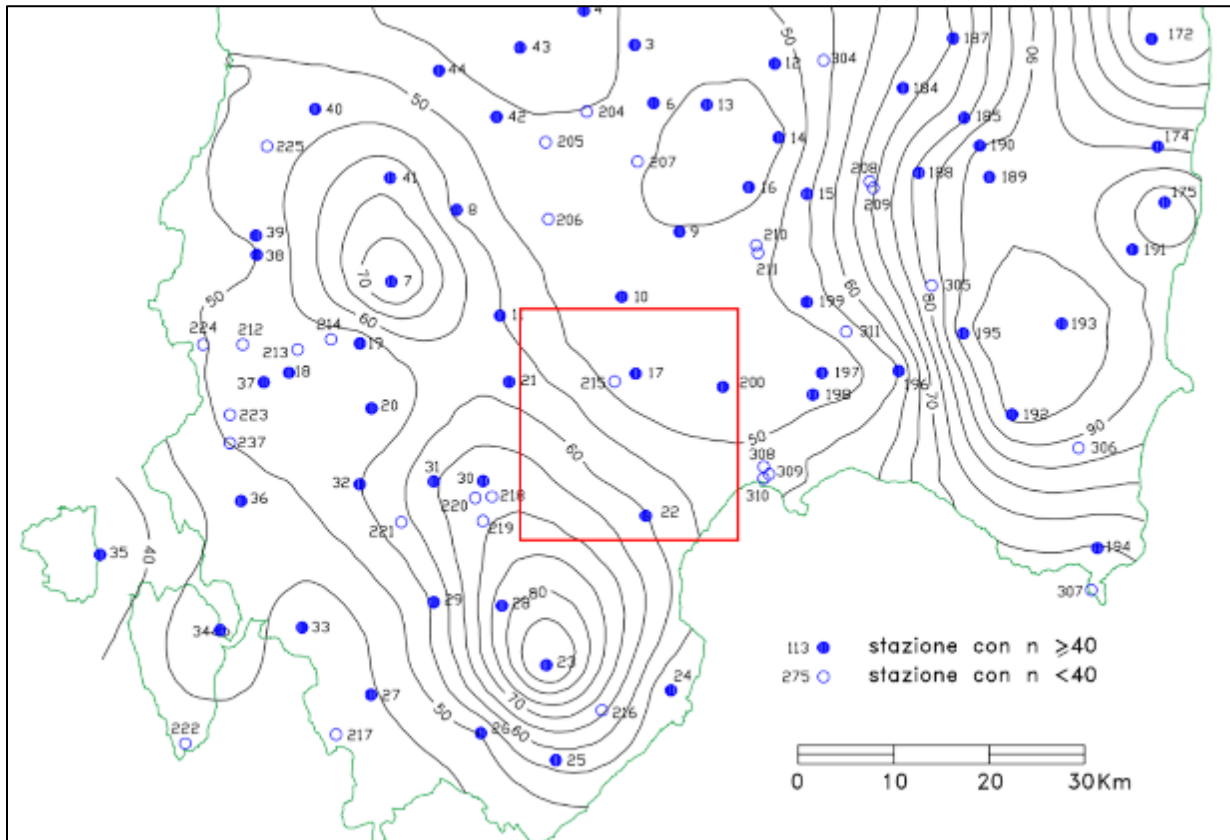


Figura 4 – Carta delle isoiete della Sardegna.

Per le aree in oggetto, il valore della pioggia indice giornaliera è pari a 55 mm.

da cui risultano i valori degli indici  $a_1$  e  $n_1$ :

$$a_1 = 55 / (0.886 * 24(0.335)) = 21.4$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \text{Log}_{10}(55) = 0.335$$

L'altezza di pioggia  $h(d,T)$  di durata  $d$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\bar{h}(d)$  per un coefficiente adimensionale di crescita espresso in funzione del tempo  $KT(d) = a_2 * d^{n_2}$  i cui coefficienti  $a_2$  e  $n_2$  si determinano in funzione del tempo di ritorno e della sottozona pluviometricamente omogenea SZO in cui ricade il bacino in esame.

In particolare, per la SZO2 in cui ricadono le aree di Macchiareddu e per tempi di ritorno  $T=200$  anni e  $d < 1$  ora, i coefficienti sono determinati dalle formule seguenti:

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 * \text{Log}_{10} 200 = 2.93$$

$$n_2 = -0.18676 + 0.24310 * \text{Log}_{10} 200 - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} 200)^2 = 0.185$$

L'altezza di pioggia per la durata di ciascun lotto, con tempo di ritorno 200 anni è calcolata con la seguente formula:

$$h(d,T) = \mu(d) KT(d) = (a_1 a_2) d^{(n_1 + n_2)} \quad 1.5$$

I valori sono riportati di seguito:

<b>Lotto</b>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<b>h(d,T) (mm)</b>	21.69	34.86	20.44	35.93	27.65	36.46	17.22	20.44	21.07	32.15

L'altezza di pioggia così ottenuta viene raggugliata all'area tramite un coefficiente di ragguglio r, legato alla durata, secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report (Wallingford Institute):

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ km}^2 \quad 1.6$$

dove d durata della precipitazione e A la superficie del bacino espressa in km<sup>2</sup>.

Da cui l'altezza di pioggia raggugliata hr(d,T) = h(d,T) \* r , risulterà per le aree in esame:

<b>Lotto</b>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<b>r</b>	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98
<b>hr(d,T) = h(d,T) r (mm)</b>	21.36	34.25	20.18	35.13	27.27	35.79	16.74	20.00	20.61	31.41

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R0:

$$R0 = (hr-0.2 S)^2 / (hr + 0.8 S) \quad 1.7$$

dove:

hr = precipitazione meteorica raggugliata

S è l'altezza d'acqua massima immagazzinabile nel terreno a saturazione

Il valore di S (mm) dipende dal valore del parametro CN, caratteristico del terreno, attraverso la relazione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad 1.8$$

Il parametro di assorbimento CN assume valori compresi tra 0 e 100, determinati con riferimento alla carta costruita sulla base delle informazioni sull'uso del suolo, la litologia e la permeabilità dei terreni.

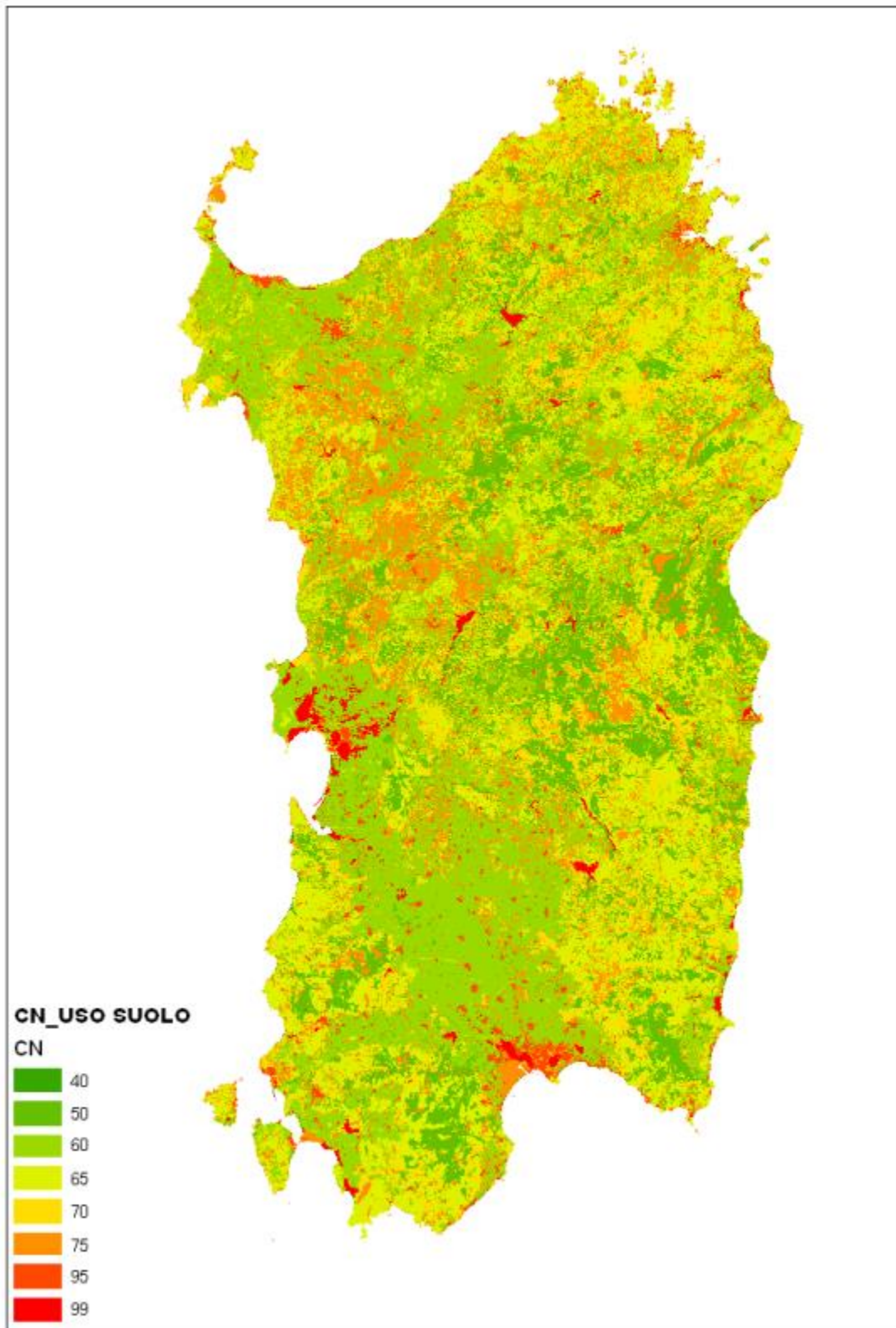


Figura 5 – Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo, sulla base dei dati Carta CORINE.

UDSCOD	DESCRIZIONE	CN
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	60
31121	PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	50
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	60
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	60

Al fine di ottenere dei valori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN vengono stimati dei coefficienti basati sulla valutazione delle caratteristiche geologiche e quindi di permeabilità dei litotipi presenti. I coefficienti di variazione del CN vengono assunti nell'intervallo di valori (-5, +15).

I valori di CN associati attraverso le caratteristiche dell'uso del suolo (CORINE) vengono corretti considerando i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche portando alla creazione della Carta del CN per l'intera Regione Sardegna in formato raster 10x10m (CN II). Le aree di progetto sono caratterizzate prevalentemente dalla presenza di depositi alluvionali costituiti da conglomerati, sabbie e argille; pertanto il coefficiente di variazione sarà pari -5.

Il CN ottenuto rappresenta quindi le condizioni medie di umidità del suolo antecedenti l'evento; infine è stato ulteriormente incrementato per valutare elevate condizioni di umidità antecedente l'evento (CN III) tramite la seguente formula:

$$CN(III) = (23 CNII) / (10 + 0.13 CNII)$$

I valori di CN sono riportati nella tabella seguente:

<b>Lotto</b>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<b>CN</b>	60	60	60	60	60	60	55	55	60	60
<b>CN II</b>	55	55	55	55	55	55	50	50	55	55
<b>CN III</b>	73.76	73.76	73.76	73.76	73.76	73.76	69.70	69.70	73.76	73.76



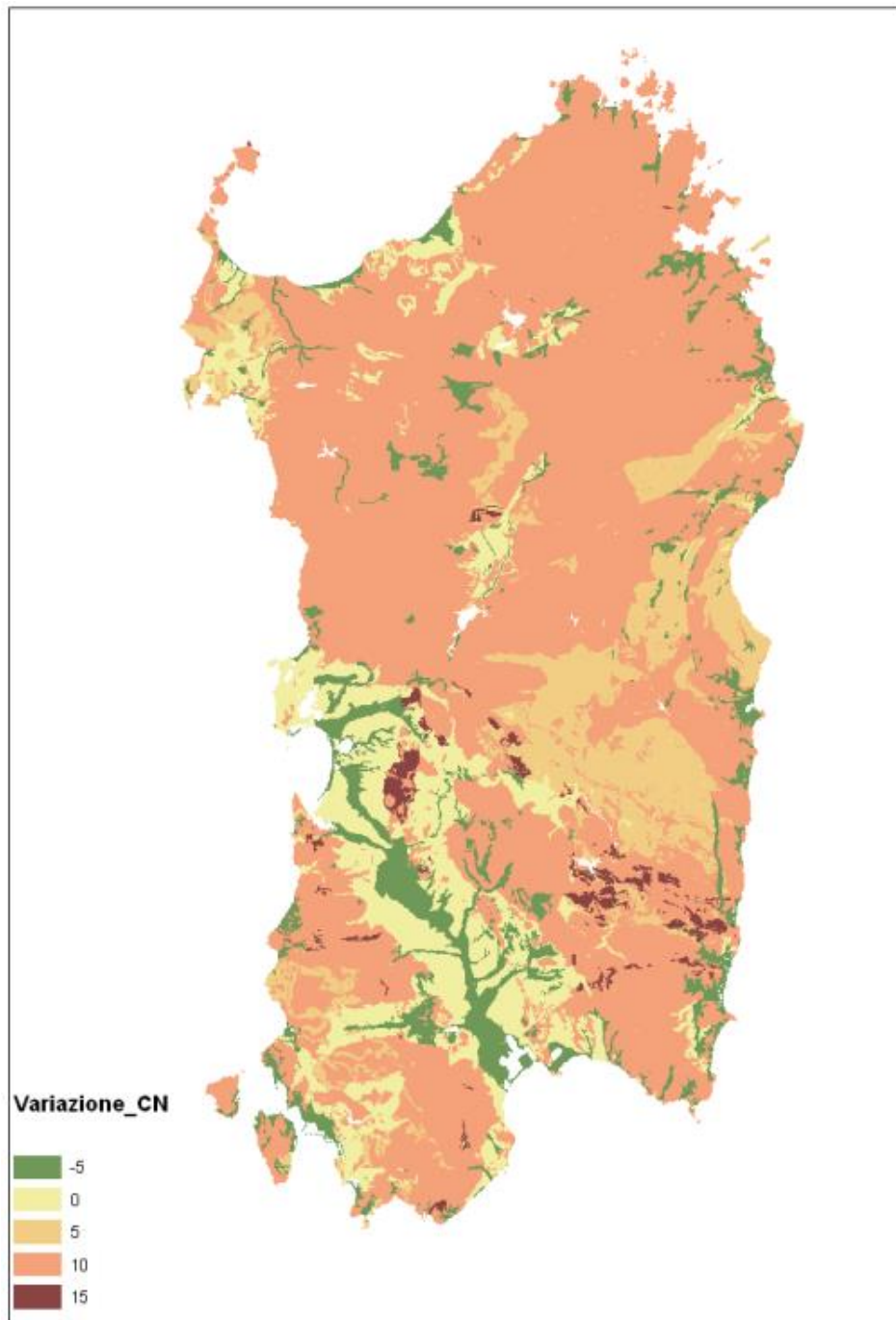


Figura 7 –Carta di variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità del terreno desunto dalla carta geologica.



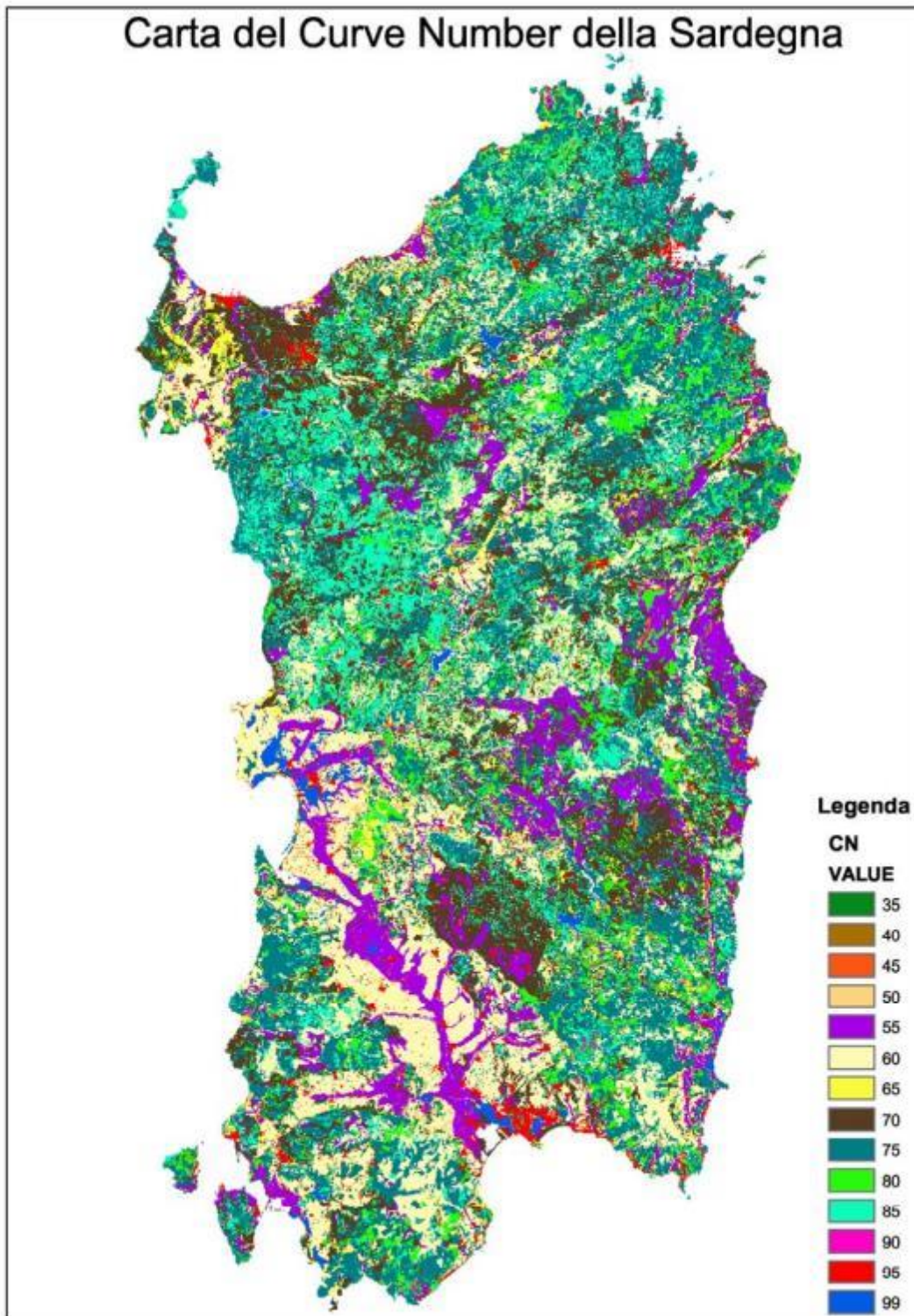


Figura 8 –Carta del CN della Sardegna.

Dall'equazione 1.8, si ottiene il valore dell'altezza di acqua massima immagazzinabile per infiltrazione S:

<b>Lotto</b>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<b>S (mm)</b>	90.36	90.36	90.36	90.36	90.36	90.36	110.43	110.43	90.36	90.36

Da cui si ottiene un valore di R0 per i vari lotti che si riporta nella seguente tabella:

$$R_0 = (hr - 0.2 S)^2 / (hr + 0.8 S)$$

<b>Lotto</b>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<b>R0 (mm)</b>	0.12	2.46	0.05	2.71	0.85	2.91	0.27	0.04	0.07	1.72

### 3.5. CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO

Date le ridotte dimensioni areali del bacino di progetto (< 1 km<sup>2</sup>) per la stima della portata di progetto si adottano le seguenti assunzioni:

- il tempo di corrivazione (tc) coincide con la durata della pioggia netta D;
- il tempo di crescita dell'onda di piena (tp) è uguale al tempo di corrivazione (tc).

Sulla base delle considerazioni precedentemente espone la portata di piena attesa nella sezione di chiusura del bacino di progetto sarà data dalla seguente:

$$Q_c = 0.28 R_0 A / t_c$$

dove:

R<sub>0</sub> = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);

A = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);

t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione (h)

Pertanto si avranno per i vari lotti:

<b>Lotto</b>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
<b>Qc (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.002	0.069	0.001	0.152	0.012	0.093	0.027	0.002	0.004	0.101

## **5. CONCLUSIONI**

Nel presente documento è stata stimata la portata di ruscellamento nella sezione di chiusura del bacino costituito dalle singole superfici interessate dalla realizzazione degli impianti fotovoltaici. Considerata la modesta entità della portata calcolata ed in virtù delle caratteristiche dell'area, non si prevede allo stato attuale la necessità di realizzazione di opere di regimazione delle acque meteoriche.