



**REGIONE SARDEGNA
COMUNE DI TUILI**
Provincia del Sud Sardegna



Titolo del Progetto

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO
DENOMINATO "GREEN AND BLUE TUILI"
DELLA POTENZA DI 15.190.000 KW IN LOCALITÀ "GURANU" NEL COMUNE DI TUILI

Identificativo Documento

REL_SP_03_IDRA

ID Progetto	GBT	Tipologia	R	Formato	A4	Disciplina	AMB
-------------	-----	-----------	---	---------	----	------------	-----

Titolo

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA: 1:10.000 e 1:25.000

FILE: REL_SP_03_IDRA.pdf

IL PROGETTISTA

Arch. Andrea Casula



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Andrea Casula
Geom. Fernando Porcu
Dott. in Arch. J. Alessia Manunza
Geom. Vanessa Porcu
Dott. Agronomo Giuseppe Vacca
Archeologo Alberto Mossa
Geol. Marta Camba
Ing. Antonio Dedoni
Ing. Fabio Ledda
Green Island Energy SaS

COMMITTENTE

SF ELE SRL

SF ELE SRL
Via Cantorriwo 44/C - 01021 Acquapendente(VT)
P.Iva 02368670564 pec: sfelesrl@pec.it

Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Rev.	Novembre 2021	Prima Emissione	Green Island Energy	Green Island Energy	SF ELE srl

PROCEDURA

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006

GREEN ISLAND ENERGY SAS
Via S.Mele, N 12 - 09170 Oristano
tel&fax(+39) 0783 211692-3932619836
email: greenislandenergysas@gmail.com

NOTA LEGALE: Il presente documento non può
falsamente essere diffuso o copiato
su qualsiasi formato e tramite qualsiasi
mezzo senza preventiva autorizzazione
formale da parte di Green Island Energy SaS



1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	INQUADRAMENTO	7
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	7
3.2	INQUADRAMENTO P.A.I.	8
3.3	INQUADRAMENTO P.S.F.F.....	8
3.4	INQUADRAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NELLE AREE ALLUVIONATE	8
4	PORTATE DI PIENA	9
5	VERIFICHE IDRAULICHE	14
5.1	INTERVENTI IN PROGETTO	17
6	CONCLUSIONI.....	21

Indice Figure

Figura 1 Strutture di supporto pannelli	3
Figura 2 Planimetria interventi in progetto	4
Figura 3 Canale in terra esistente	5
Figura 4 Attraversamento stradello	5
Figura 5 – Inquadramento geografico e foto aerea dell’area	7
Figura 6 – Bacino idrologico con l’individuazione dell’area di progetto in rosso	11
Figura 8 –Localizzazione delle sezioni e del tratto di corso d’acqua analizzato.....	15
Figura 9 Localizzazione delle sezioni e dell'alveo su ortofoto	16
Figura 10 Aree allagate condizione ante-operam, tempo di ritorno 10 anni	17
Figura 10 Sezione canale in terra in progetto.....	17
Figura 10 Sezione di progetto attraversamento stradello esistente	18

Indice Tabelle

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino	11
Tabella 2 Tempi di corrivazione	12
Tabella 3 Calcolo del Curve Number CN III	14
Tabella 4 Portate di piena	14
Tabella 5 Portate di piena simulazione.....	14
Tabella 6 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni (ante operam)	16

1 PREMESSA

I sottoscritti Dott. Ing. Antonio Dedoni e Dott. Geol. Marta Camba hanno ricevuto incarico professionale dalla Società SF ELE Srl, per la verifica idraulica necessaria all'installazione di un impianto agro fotovoltaico della potenza di 15.190,000 kW nel territorio del Comune di Tuili (SU), in località "Guranu".

La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema ad inseguimento monoassiale che raggiunge +/- 55°G di inclinazione rispetto al piano di calpestio sfruttando interamente un rapporto di copertura non superiore al 50% della superficie totale.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,5 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite fondamentalmente da tre componenti:

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno;
- 2) La struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici;
- 3) L'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli. L'inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico che tramite un'asta collegata al profilato centrale della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per minimizzare la deviazione dall'ortogonalità dei raggi solari incidenti, ed ottenere per ogni cella un surplus di energia fotovoltaica generata.

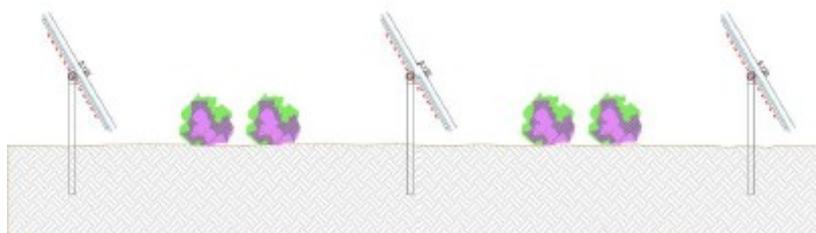


Figura 1 Strutture di supporto pannelli

L'impianto fotovoltaico proposto prevede complessivamente una potenza d'installazione nominale pari 15 190.000 kW e una produzione di energia annua pari a 19 493 781.89 kWh (equivalente a 1 283.33 kWh/kW), derivante da 24 500 moduli che occupano una superficie di 66 983.00 m², ed è composto da 4 generatori.

Poiché il progetto non sono previste reti per lo smaltimento delle reti di acque bianche, il presente studio ha lo scopo di verificare se sono presenti delle criticità connesse allo smaltimento delle acque meteoriche, con tempi di ritorno di 10 anni (tipico per il dimensionamento delle reti di smaltimento).

Prima della realizzazione dell'impianto è previsto l'agendamento ed il prolungamento del canale esistente in terra e l'aumento della sezione dell'attraversamento dello stradello interno; gli interventi sono riportati nella figura di seguito riportata.

La modellizzazione del terreno non determinerà la modifica del naturale deflusso delle acque meteoriche.



Figura 2 Planimetria interventi in progetto

Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico nel territorio del Comune di Tuili



Figura 3 Canale in terra esistente



Figura 4 Attraversamento stradello

Il canale esistente è in terra con una sezione trapezia di base circa 50 cm, pendenza sponde 1/1 ed altezza 50 cm. L'attraversamento dello stradello ha sezione rettangolare, con base 95 cm ed altezza 70 cm.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge 267 del 03/08/1998 “Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”.
 - Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
 - D.M. LL.PP. del 14/02/1992 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
 - Legge 18 Maggio 1989, n. 183 – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (e successive modificazioni ed integrazioni).
 - D.M. LL.PP. n. 47 dell'11/03/1988 recante “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”.
 - Legge n. 64 del 02/02/1974 recante “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
 - R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 – Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
 - D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – “Norme in materia ambientale”
 - D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni
 - Art. 24 delle Norme di attuazione del P.A.I., allegato E.
 - Artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11) delle Norme di attuazione del P.A.I..
 - Art. 17, comma 6 Legge n. 183 del 19 Maggio 1989, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale)
 - Delibera n. 1 del 31/03/2011 “Predisposizione del complesso di ‘Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”.
 - Delibera n. 1 del 20.06.2013 e n. 1 del 05.12.2013 “Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”.
 - Delibera n. 2 del 17.12.2015 “Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”.
-

3 INQUADRAMENTO

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata ricade interamente nel territori del comune di Tuili, provincia del Sud Sardegna, in località denominata "Guranu " ed è inquadrata nel foglio 539 SEZ. I Tuili della cartografia ufficiale IGM in scala 1:25.000

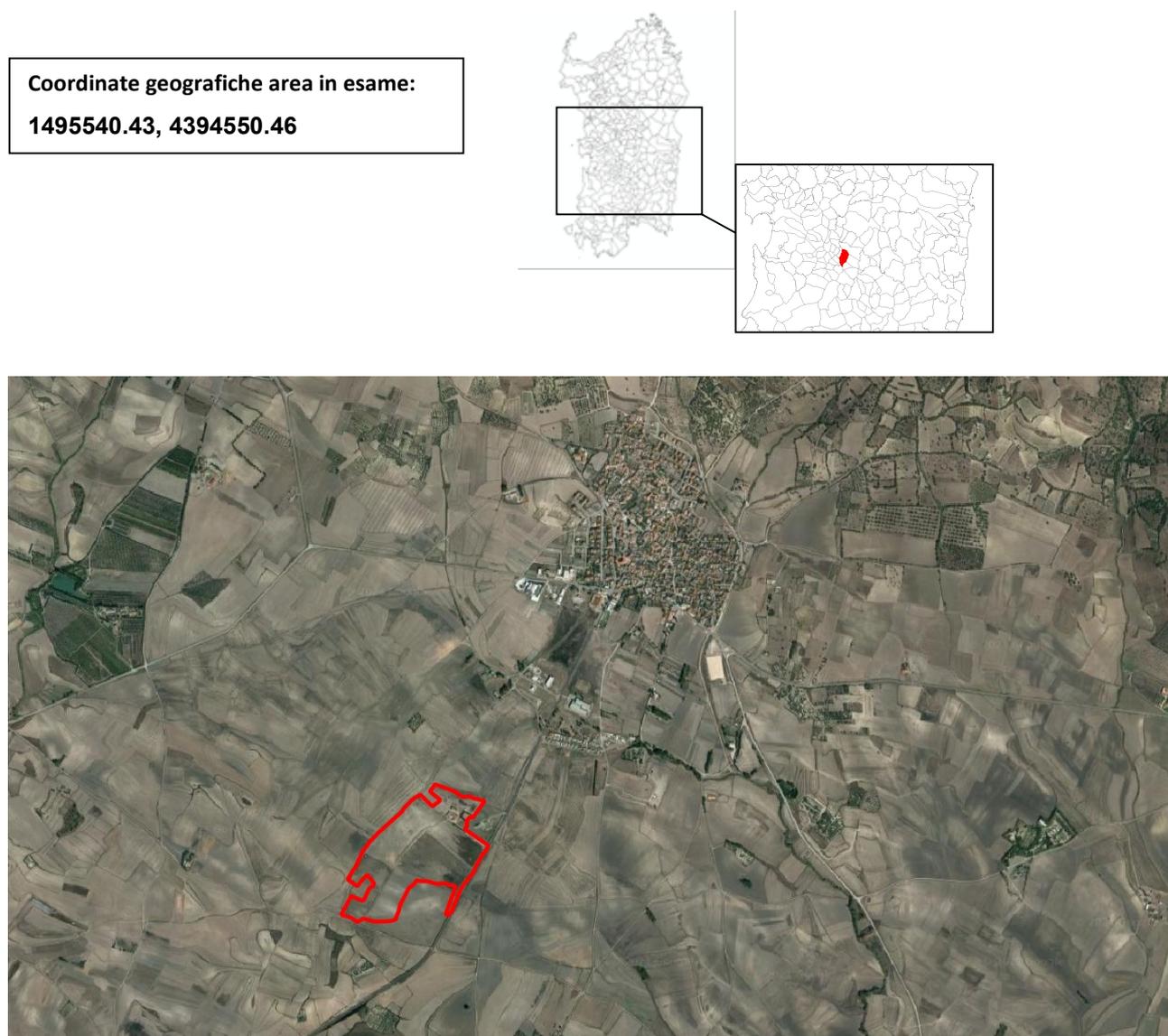


Figura 5 – Inquadramento geografico e foto aerea dell'area.

3.2 INQUADRAMENTO P.A.I.

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge l'area dell'impianto, oggetto di intervento, non ricade all'interno della perimetrazione del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI).

3.3 INQUADRAMENTO P.S.F.F.

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge che l'area oggetto di intervento non ricade all'interno della perimetrazione delle fasce fluviali.

3.4 INQUADRAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NELLE AREE ALLUVIONATE

Dall'analisi della cartografia delle aree allagate, allegata alla Delibera del Comitato istituzionale n.1 del 27.02.2014 "Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso, denominato Cleopatra, è stato possibile determinare che l'area in esame è non stata interessata da tale evento.

4 PORTATE DI PIENA

Si è proceduto ad una analisi idrologica finalizzata alla valutazione alle portate di piena di riferimento associata al tempo di ritorno di 10 anni, tipica per la verifica ed il dimensionamento di reti di smaltimento delle acque meteoriche.

La portata sarà stimata simulando, mediante un modello deterministico a fondamento cinematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino idrografico.

Le ipotesi di base del metodo sono:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione [ore]
- S = superficie del bacino [km²]
- h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]
- Ψ = coefficiente di deflusso.

Lo ietogramma di progetto per la stima del coefficiente di afflusso F è di tipo rettangolare, ovvero l'intensità della pioggia si suppone costante durante tutta la durata dell'evento meteorico. Questa ipotesi è applicabile al regime idrologico della Sardegna poiché le piogge presentano prevalentemente breve durata e alta intensità. Le perdite del bacino nella trasformazione afflussi-deflussi verranno pertanto stimate sotto forma di percentuale dell'afflusso meteorico totale, utilizzando il metodo del Curve Number (CN) sviluppato dal Soil Conservation Service nel 1985, e il coefficiente F assumerà un valore nell'intervallo 0÷1.

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, fra i quali, con un criterio del tutto empirico possono essere classificati i bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di Km², mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati.

Il tempo di corrivazione t_c può essere stimato utilizzando varie formule esistenti in letteratura, ognuna applicabile in misura maggiore o minore a seconda delle caratteristiche del bacino.

In fase progettuale verrà adottato il valore di t_c più idoneo in relazione alle caratteristiche morfometriche del tipo di bacino in esame.

Per la determinazione del tempo di corrivazione T_c sono state utilizzate le formule sotto elencate:

- Soil Conservation Service $T_c = 0,00227 * (1000L)^{0,8} \cdot [(1000 / CN) - 9]^{0,7} i_{VERSANTE}^{-0,5}$ [ore]

$$T_c = 1,67 \cdot 2,587 * \frac{1000L^{0,8}}{1900 \cdot i_{VERSANTE\%}^{0,5}} \cdot [(1000 / CN) - 9]^{0,7} \text{ [ore]}^1$$

- Formule di Ventura: $T_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}}$ [ore]

- Formula di Giandotti: $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}}$ [ore]

- Formula di Viparelli: $T_c = \frac{L}{3.6V}$ [ore]

(dove V è la velocità media di scorrimento variabile a seconda delle caratteristiche dell'asta fluviale)

- Formula di Pasini: $T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}}$ [ore]

- Formula VAPI $T_c = 0.212S^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289}$ [ore]

Per la definizione dei bacini si è fatto riferimento agli elementi cartografici disponibili nel Geoportale della R.A.S:

- Ortofoto;
- Carta Tecnica regionale in formato vettoriale;
- Modello digitale del terreno con passo 10 m.

All'interno dell'area di progetto è stato individuato il seguente bacino idrografico.

¹ Formula equivalente alla precedente riportata sulle "Metodologie di analisi" del PSFF



Figura 6 – Bacino idrologico con l'individuazione dell'area di progetto in rosso

Le caratteristiche morfologiche del bacino sono:

CARATTERISTICHE DEL BACINO BACINO COMPLETO			
Superficie bacino	S=	0.332	Km ²
Altitudine massima	H _{MAX} =	205.000	m s.l.m.
Altitudine minima	H ₀ =	180.000	m s.l.m.
Altitudine media	H _m =	192.787	m s.l.m.
Pendenza media del bacino drenante	i _{VERSANTE} =	3.183	%
Lunghezza asta principale	L=	1.146	Km
Pendenza media dell'asta principale	im=	0.0157	1.57%

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino

I valori ricavati pertanto sono i seguenti:

TEMPO DI CORRIVAZIONE BACINO COMPLETO		
SCS	[ore]	0.583
Ventura	[ore]	0.585
Giandotti	[ore]	1.407
Viparelli	[ore]	0.318
Pasini	[ore]	0.625
VAPI	[ore]	2.497

Tabella 2 Tempi di corrivazione

Per la determinazione dell'altezza critica è stato utilizzato il tempo di corrivazione ottenuto dalla formula del Viparelli.

Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{Tc} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

La pioggia lorda h viene ricavata dalla nota formula:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n$$

dove:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960 \cdot \text{Log}(T)-3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469 \cdot 10^{-2}-7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862 \cdot \text{Log}(T)-3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887 \cdot 10^{-3}-4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T)-3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=1.4929 \cdot 10^{-2}+7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

Per quanto riguarda a_2 e n_2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno TR maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia T_p maggiori o minori di 1 ora e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna.

I bacini dei corsi d'acqua che interessano il territorio comunale di Tuili ricadono nella SZO 2, dalla tabella sopra riportata le espressioni di a_2 e n_2 per T_p , che nel metodo cinematico è posto pari al T_c , inferiore di 1 ora sono:

per la sottozona 2

$$a_2 = 0,43797 + 1,0890 \log TR$$

$$n_2 = -0,18722 + 0,24862 (\log TR) - 3,36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(TR).$$

Determinazione della pioggia ragguagliata

La determinazione della pioggia ragguagliata, è stata effettuata secondo la formula proposta dal Department of Environment Water Council (DEWC) nel 1981, applicabile a bacini con area totale 1 [Km²] <A< 100 [Km²], e pertanto applicabile al bacino in esame. E' necessaria la stima di un coefficiente r da moltiplicare per l'altezza di pioggia lorda h .

$$r(\tau, A_b) = 1 - f_1 \tau^{-f_2}$$

dove

$$f_1 = 0.0394 A_b^{0.354}$$

$$f_2 = 0.4 - 0.0208 (4.6 - \ln A_b) \quad \text{per} \quad A_b < 20 \text{ [Km}^2\text{]}$$

A_b è l'area del bacino espressa in [Km²];

τ è la durata della pioggia lorda in ore.

R è il coefficiente di riduzione areale

Coefficiente di deflusso

Per la stima delle perdite si è applicato il metodo del Curve Number (CN) indicato dal Soil Conservation Service (SCS, 1975, 1985) considerando la condizione più critica di umidità antecedente del suolo, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III, indicativa di un suolo saturo. La classe di suolo considerata è di tipo D. L'uso suolo è stato ricavato dalla carta regionale d'uso del suolo suddivisa in 72 classi, contenute in 4 livelli gerarchici, secondo l'impostazione della Corine Land Cover, società che ha redatto la carta per la Regione Sardegna.

L'altezza $h_{n,r}$ di pioggia netta è stata pertanto calcolata secondo la seguente relazione (SCS):

$$h_{n,r} = \frac{(h_{l,r}(\tau) - I_a)^2}{h_{l,r}(\tau) - I_a + S}$$

dove l'altezza ragguagliata delle perdite iniziali la ed il parametro S, sono forniti, in mm, dalle seguenti espressioni:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad I_a = 0.2S$$

USO DEL SUOLO	DESCRIZIONE	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [kmq ²]	AREA [%]	Fs
3241	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	81.00	90.75	0.332	100.00	25.90
	CURVE NUMBER PONDERATO	81.00	90.75	0.332	100.00	25.90

Tabella 3 Calcolo del Curve Number CN III

Di seguito si riporta la tabella, riassuntiva dei risultati ottenuti col metodo cinematico:

Calcolo delle Portate di Piena [mc/s]	
	Tempi di ritorno
	10
Bacino completo	1.680

Tabella 4 Portate di piena

5 VERIFICHE IDRAULICHE

Le simulazioni idrauliche sono state eseguite sulla base dei risultati riportati nel paragrafo dei calcoli idrologici. La portata di piena calcolata per un tempo di ritorno di 10 anni è pari a:

Tempo di ritorno	Portata [mc/s]
Tr 10 anni	1.680

Tabella 5 Portate di piena simulazione

Ipotesi di moto e condizioni al contorno

La simulazione del moto di un liquido all'interno di un alveo può essere eseguita ricorrendo a tre modelli:

- Regime di moto uniforme;
- Regime di moto permanente;
- Regime di moto vario

La scelta del modello da utilizzare va fatta in base alle informazioni richieste dallo studio e al livello di approfondimento che si vuole ottenere, consapevoli che tanto più il modello di calcolo è raffinato tanto più dovrà essere precisa e peculiare la ricostruzione fisica e morfologica dell'ambiente e tanto più onerosa sarà la mole di indagini conoscitive e di calcoli richiesti per giungere alla soluzione.

Nel caso in esame la verifica idraulica in condizioni di piena è stata effettuata con l'ausilio di un modello monodimensionale in moto permanente che ben si adatta alla geometria dell'alveo in oggetto e alla determinazione dell'eventuale insufficienza idraulica dello stesso.

La modalità di deflusso dell'alveo è stata analizzata mediante un modello di calcolo semplificato in moto permanente-monodimensionale, implementato dal software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

Schematizzazione alveo e sezioni

Per l'implementazione dell'alveo sul modello sono state utilizzate 13 sezioni rappresentative, schematizzate in Figura 7, per uno sviluppo complessivo del tracciato planimetrico pari a circa 1000 m. La simulazione idraulica è stata condotta imponendo l'altezza critica nelle sezioni di monte e di valle ed una portata lungo tutto l'alveo corrispondente a quella di sezione di chiusura del bacino principale precedentemente studiato. E' stata effettuata la simulazione nelle condizioni ante-operam al fine di valutare l'allagamento prima degli interventi di mitigazione.

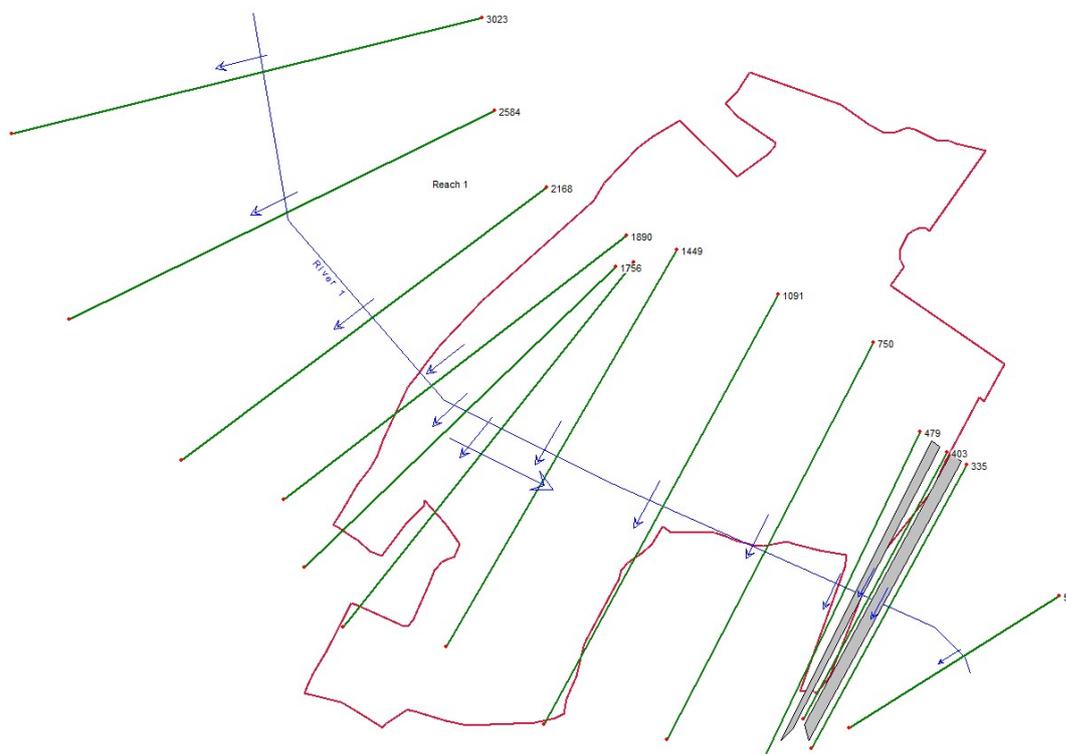


Figura 7 –Localizzazione delle sezioni e del tratto di corso d'acqua analizzato

Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico nel territorio del Comune di Tuili

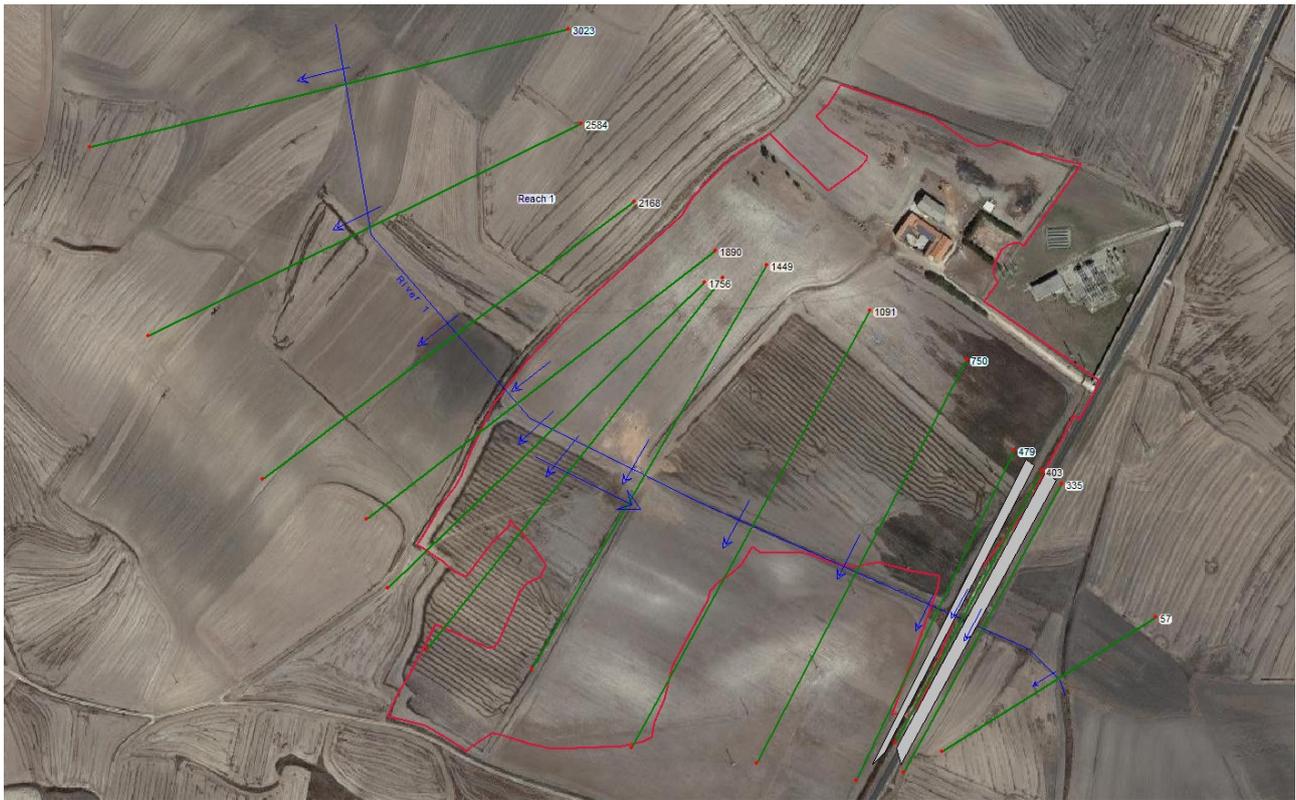


Figura 8 Localizzazione delle sezioni e dell'alveo su ortofoto

Per quanto concerne il coefficiente di Manning, è stato utilizzato un valore pari a 0.036.

Dalla simulazione ante-operam si hanno le seguenti altezze idriche e velocità:

Sezione idrica	Altezza idrica [m]	Velocità [m/s]
3023	0.1	0.77
2584	0.19	0.19
2168	0.07	0.32
1890	0.07	0.47
1756	0.07	0.52
1638	0.04	0.55
1449	0.55	0.65
1091	0.71	0.19
750	0.71	0.07
479	0.81	0.01
403	1.21	0.01
335	0.19	0.25
57	0.14	0.84

Tabella 6 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni (ante operam)

Dall'analisi della tabella si può verificare l'attraversamento dello stradello è insufficiente e determina un profilo di rigurgito a monte con che le altezze idriche fino a quasi 80 cm (dal fondo del canale in terra), corrispondenti a circa 30 cm sul terreno circostante.

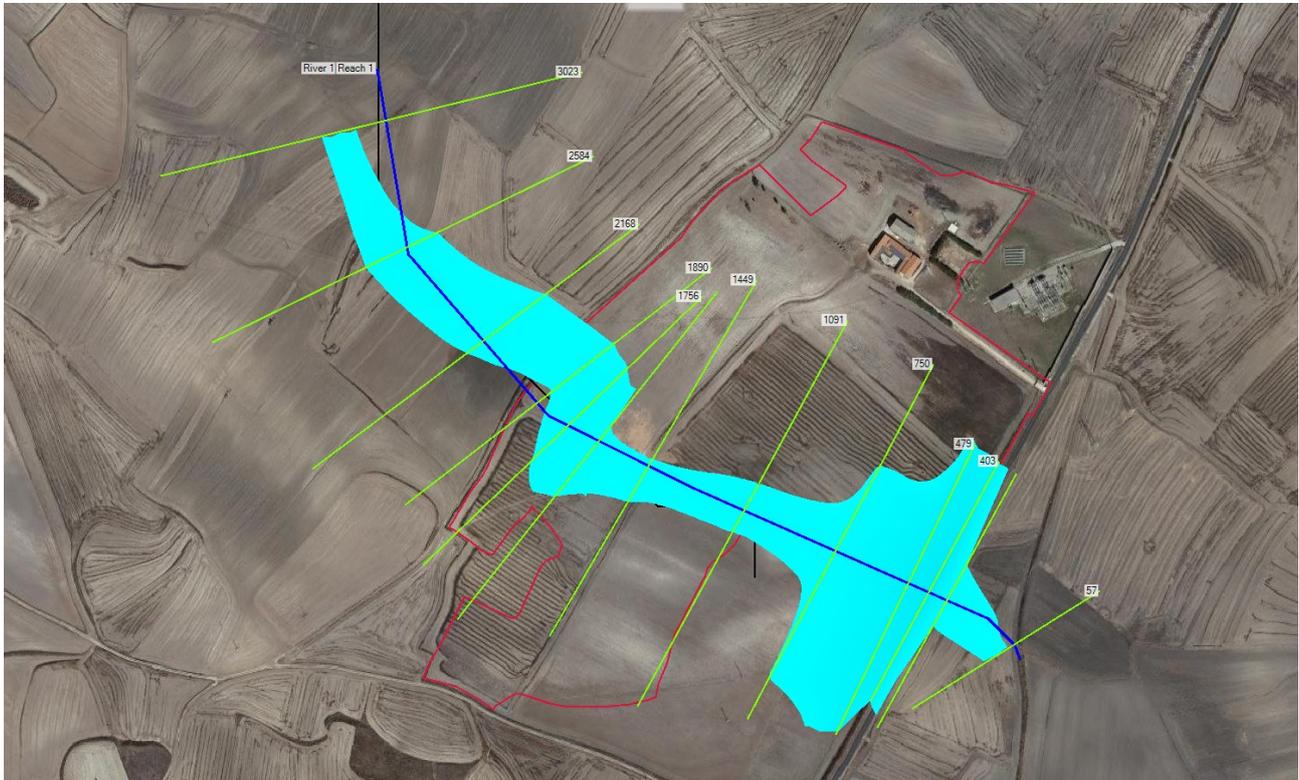


Figura 9 Aree allagate condizione ante-operam, tempo di ritorno 10 anni

5.1 INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi in progetto prevedono l'adeguamento ed il prolungamento del canale in terra con una sezione di progetto di base 200 cm, altezza 50 cm e pendenza delle sponde 1/1. Pendenza del canale 1%.



Figura 10 Sezione canale in terra in progetto

Inoltre è previsto l'adeguamento del attraversamento dello stradello interno in prossimità della strada provinciale. La nuova sezione sarà rettangolare con base 1,5 m, altezza 1 m e pendenza 1%.

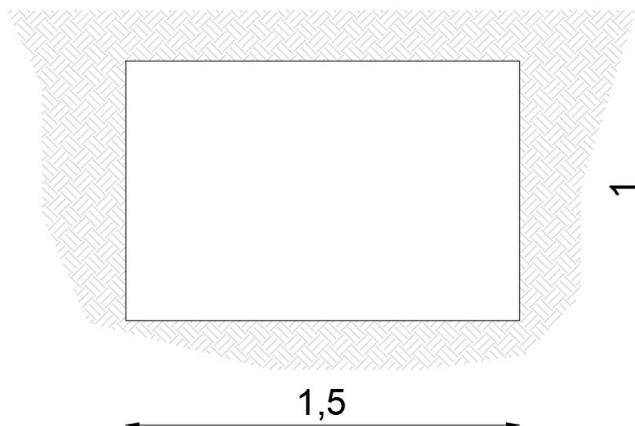


Figura 11 Sezione di progetto attraversamento stradello esistente

La verifica idraulica dei tratti a pelo libero in progetto è stata effettuata utilizzando la formula di Chezy-Bazin che assume la seguente formula:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad \text{dove:}$$

Q = portata (mc/s);

A = sezione bagnata

C = contorno bagnato

R = raggio idraulico = A/C

i = pendenza del collettore

χ = coefficiente di scabrezza calcolato come segue:

$$\chi = k_s \cdot R^{1/6} \quad \text{dove:}$$

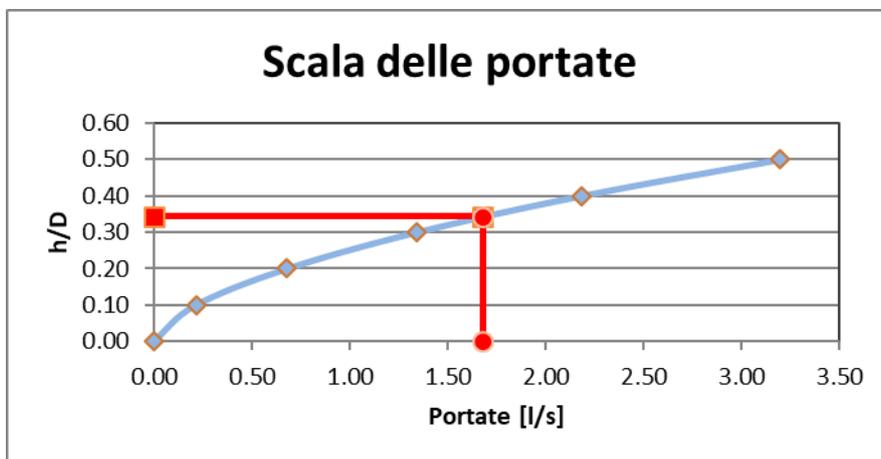
k_s = coefficiente di Strikler.

Nel caso particolare si è adottato un valore del coefficiente di Strikler pari a 50.

Le verifiche sono state eseguite con la portata con tempo di ritorno 10 anni.

Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico nel territorio del Comune di Tuili

CANALE IN TERRA						
Materiale					TERRA	
BASE [m]					2	
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]					50	
Pendenza sponde					1	
Pendenza [m/m]					0.010	
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [mc/s]	V [m/s]
0.34	0.80	2.97	0.27	40.21	1.68	0.00



Legenda:

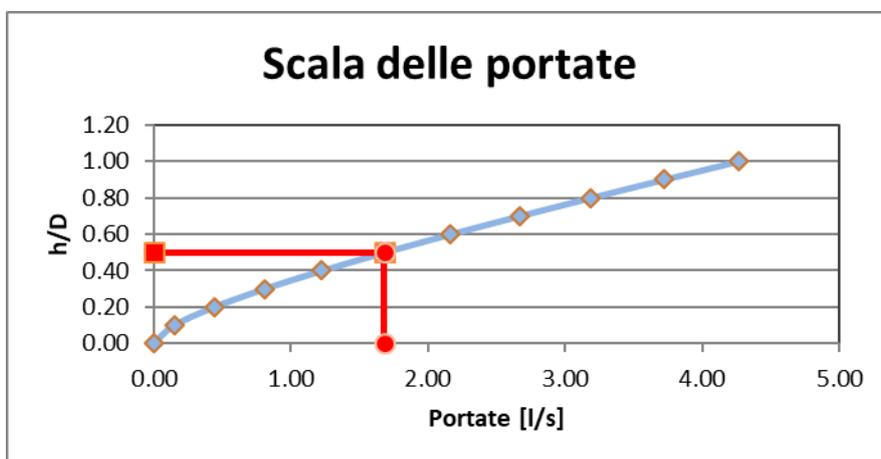
h: altezza idrica
A: area bagnata
B: contorno bagnato
R: raggio idraulico
χ : coefficiente scabrezza
Q: portata
V: velocità

Scala delle portate

h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [mc/s]	V [m/s]
0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.21	2.28	0.09	33.59	0.21	0.00
0.20	0.44	2.57	0.17	37.27	0.68	0.00
0.30	0.69	2.85	0.24	39.48	1.34	0.00
0.40	0.96	3.13	0.31	41.06	2.18	0.00
0.50	1.25	3.41	0.37	42.29	3.20	0.00

Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico nel territorio del Comune di Tuili

ATTRAVERSAMENTO STRADELLO						
Materiale					TERRA	
BASE [m]					1.5	
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]					50	
Pendenza sponde					0	
Pendenza [m/m]					0.010	
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [mc/s]	V [m/s]
0.50	0.75	2.50	0.30	40.91	1.68	0.00



Legenda:

h: altezza idrica
A: area bagnata
B: contorno bagnato
R: raggio idraulico
χ : coefficiente scabrezza
Q: portata
V: velocità

Scala delle portate

h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [mc/s]	V [m/s]
0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.15	1.70	0.09	33.36	0.15	0.00
0.20	0.30	1.90	0.16	36.76	0.44	0.00
0.30	0.45	2.10	0.21	38.68	0.81	0.00
0.40	0.60	2.30	0.26	39.97	1.22	0.00
0.50	0.75	2.50	0.30	40.91	1.68	0.00
0.60	0.90	2.70	0.33	41.63	2.16	0.00
0.70	1.05	2.90	0.36	42.21	2.67	0.00
0.80	1.20	3.10	0.39	42.68	3.19	0.00
0.90	1.35	3.30	0.41	43.08	3.72	0.00
1.00	1.50	3.50	0.43	43.42	4.26	0.00

6 CONCLUSIONI

La sezione dello stradello nello stato attuale risulta insufficiente per lo smaltimento della portata di piena con un conseguente profilo di rigurgito che determina un allagamento di circa 30 cm nei terreni circostanti a monte.

A seguito degli interventi in progetto (adeguamento del canale in terra esistente e del suo prolungamento a monte fino al confine dell'impianto e inoltre l'adeguamento della sezione dell'attraversamento dello stradello) si prevede il contenimento della portata con tempo di ritorno di 10 anni, senza fenomeni di allagamento.

Cagliari 20/12/2021

Il Tecnico

Dott. Ing. Antonio Dedoni



Dott. Geol. Marta Camba

