Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.

Progetto di un nuovo parco eolico denominato "Energia Monte Petralta”

Relazione idrologica e idraulica

13 ottobre 2023

Ns rif. 1669043_SES_006 Relazione idrologica e idraulica

Riferimenti

Titolo	Progetto di un nuovo parco eolico denominato “Energia Monte Petralta”
	Relazione idrologica, idraulica
Cliente	Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.
Redatto	A.Dovichi/D.Puccini
Verificato	M.Nardi
Approvato	L.Magni/O.Retini
Numero di progetto	1669043
Numero di pagine	25
Data	13 ottobre 2023

Colophon

TAUW Italia S.r.l.
Galleria Giovan Battista Gerace 14
56124 Pisa
T +39 05 05 42 78 0
E info@tauw.it

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. TAUW Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da TAUW Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo le norme **UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015 e UNI ISO 45001:2018**.

ISO 9001
ISO 14001
ISO 45001
BUREAU VERITAS
Certification

Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell’informativa sul Trattamento dei Dati Personali su www.TAUW.it.

Indice

1 Premessa 4
2 Riferimenti normativi 5
3 Rischio idraulico 6
4 Interferenze con reticolo idrografico 7
4.1 Individuazione del bacino imbrifero dell'elemento idrico facente parte delle acque pubbliche in corrispondenza dell'interferenza con la viabilità di accesso alla WTG5 9
4.2 Determinazione della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica (LSPP) 10
4.2.1 Metodologia 10
4.2.2 Calcolo della pioggia di progetto 11
4.3 Modello di trasformazione afflussi deflussi 12
4.4 Idrogramma unitario sintetico del SCS 19
4.5 Modello cinematico 20
4.6 Distribuzione della pioggia e calcolo dell'idrogramma di piena di progetto per l'attraversamento del fosso di Monterone 21
5 Studio idraulico 22
5.1 Dimensionamento dell'attraversamento del fosso di Monterone 22
5.2 Dimensionamento di massima degli elementi di regimazione delle acque 22
6 Conclusioni 25

1 Premessa

La presente relazione si riferisce agli aspetti di natura idrologica-idraulica relativi ad un nuovo parco eolico denominato “Energia Monte Petralta”, che la Società Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. intende realizzare nel Comune di Sestino (AR) in Regione Toscana.

Il progetto in sintesi prevede la realizzazione:

- Impianto eolico con 6 nuovi aerogeneratori (o turbine eoliche) della potenza nominale di 5 MW ciascuno per una potenza nominale complessiva di 30 MW con relativa viabilità di accesso interna (la viabilità di accesso interna sarà in parte di nuova realizzazione ed in parte saranno adeguate strade esistenti), piazzole per lo stoccaggio dei componenti e per il loro montaggio, area temporanea di cantiere esterna dotata di parcheggi e uffici per il personale e zone di stoccaggio per elementi minori.
- di nuovi cavi interrati a 30 kV di connessione tra l’impianto eolico e la nuova Stazione Utente (SU). Tali cavi, della lunghezza complessiva di circa 29 km, interessano i Comuni di Sestino (AR) e Badia Tedalda (AR) in Regione Toscana ed il Comune di Carpegna (PU) in Regione Marche;
- di una nuova Stazione Utente (SU) 30/36 kV ed un nuovo impianto BESS della potenza di 6 MW e relativa viabilità di accesso ubicati nella medesima area in Comune di Sestino (AR);
- un nuovo cavo interrato a 36 kV di connessione tra la nuova SU e la nuova Stazione elettrica RTN (SE) 132/36 kV “Badia Tedalda” della lunghezza di circa 150 m.

Inoltre completano il progetto, quali opere di rete per la connessione dell’impianto alla RTN:

- la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica RTN (SE) 132/36 kV “Badia Tedalda” ubicata in Comune di Sestino (AR) nelle vicinanze della SU;
- la realizzazione dei nuovi raccordi aerei AT 132 kV di connessione tra la nuova SE "Badia Tedalda" e la linea aerea RT N 132 kV “Badia Tedalda – Talamello” esistente. I nuovi raccordi interessano il Comune di Sestino (AR);
- la demolizione di un tratto di circa 180 m e di 1 sostegno della Linea aerea RTN 132 kV “Badia Tedalda – Talamello”. Il tratto da demolire ricade totalmente in Comune di Sestino (AR);
- la realizzazione di una nuova linea elettrica RTN in AT a 132 kV di connessione tra la SE "Mercatello" esistente e la nuova SE "Badia Tedalda" che per circa 16 km sarà realizzata in aereo e per circa 1,2 km in cavo interrato.

Le opere di rete per la connessione dell’impianto alla RTN non sono oggetto della presente relazione.

2 Riferimenti normativi

- **Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523** – "Testo unico sulle opere idrauliche."
- **D.Lgs 3 aprile 2006, n.152** – "Norme in materia ambientale".
- **Legge Regionale 27 dicembre 2012, n. 79** – "Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. - Modifiche alla legge regionale n. 69/2008 e alla legge regionale n. 91/1998. Abrogazione della legge regionale n. 34/1994"
- **D.M. 17 gennaio 2018** – "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»"
- **Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41** - "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014."
- **CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP** – "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "**Norme tecniche per le costruzioni**"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- **Delibera n.26 20 dicembre 2021 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale – "**Secondo ciclo Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) – I aggiornamento. Art. 7 e 14 comma 3 della direttiva 2007/60/CE. Adozione dell'aggiornamento del PGRA ai sensi degli articoli 65 e 66 del d.lgs. 152/2006 e adozione delle relative misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 65 commi 7 e 8 del medesimo decreto."

3 Rischio idraulico

La sovrapposizione delle opere in progetto con il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) mostra l'assenza di rischio idraulico per l'area oggetto di intervento.

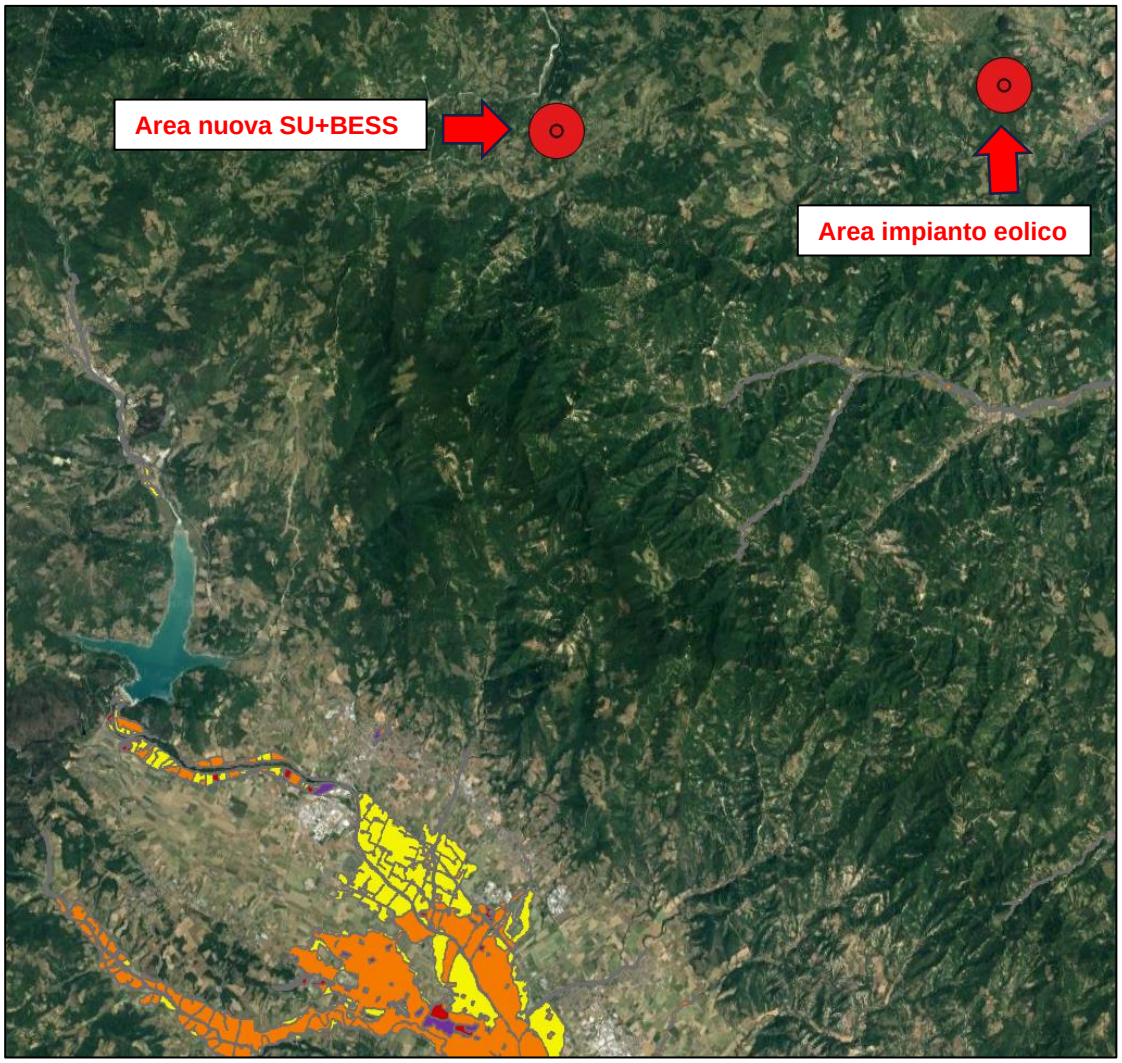


Figura 1 - Sovrapposizione della mappa di rischio del PGRA con le opere in progetto.

4 Interferenze con reticolo idrografico

La sovrapposizione delle opere in progetto con il reticolo idrografico esistente mostra che l'unica interferenza si trova all'interno dell'area dell'impianto eolico in corrispondenza del primo tratto di un elemento idrico denominato fosso di Monterone che appartiene alle acque pubbliche, ma che non appartiene al reticolo della L.R. 79/12; inoltre si rilevano alcune interferenze con piccoli impluvi esistenti che saranno anch'esse oggetto di valutazione in questa trattazione.

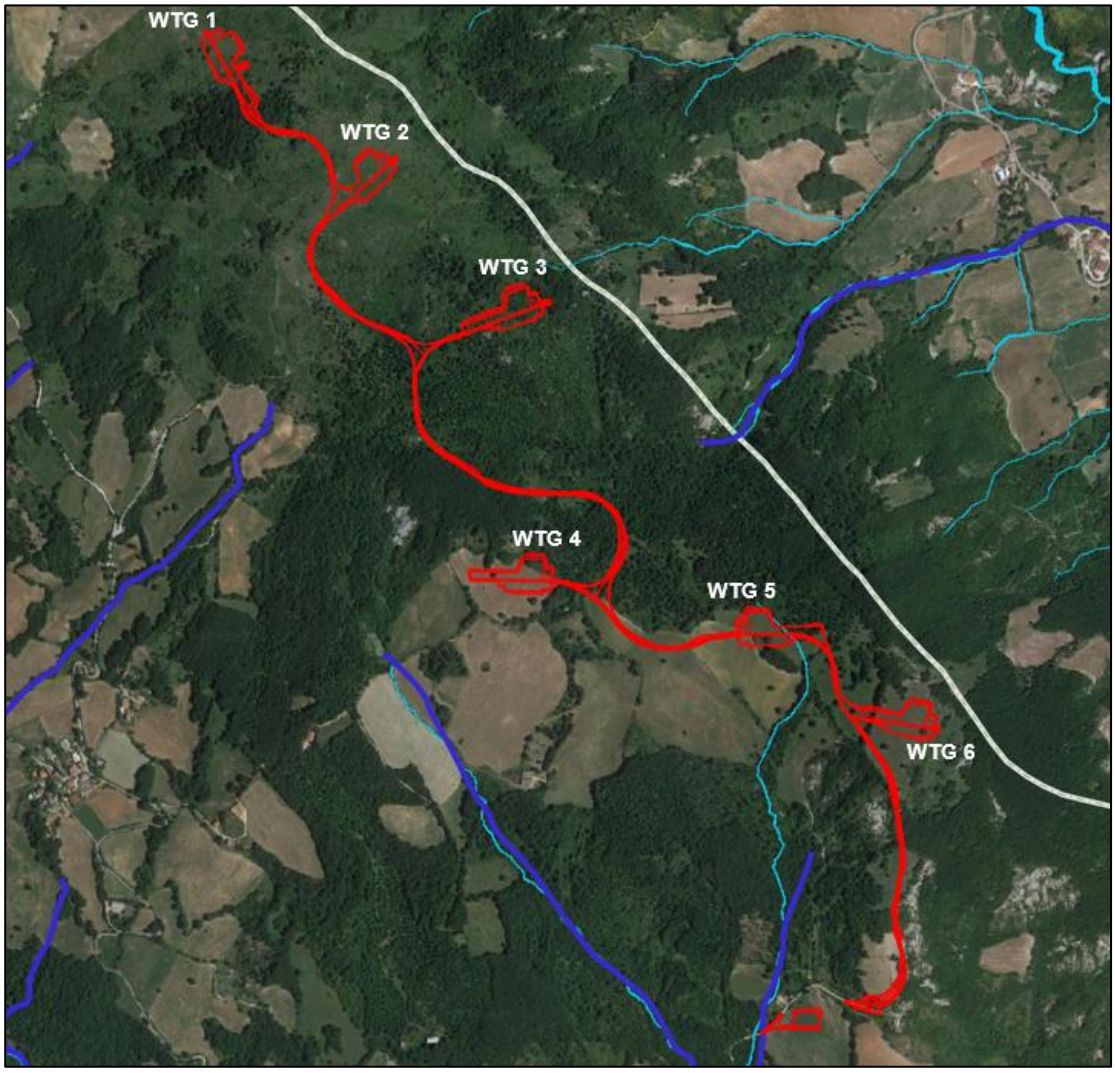


Figura 2 - Sovrapposizione del reticolo idrografico con le opere in progetto. In blu il reticolo appartenente all'elenco della l.r. 79/12, in azzurro gli elementi idrici appartenenti all'elenco delle acque pubbliche

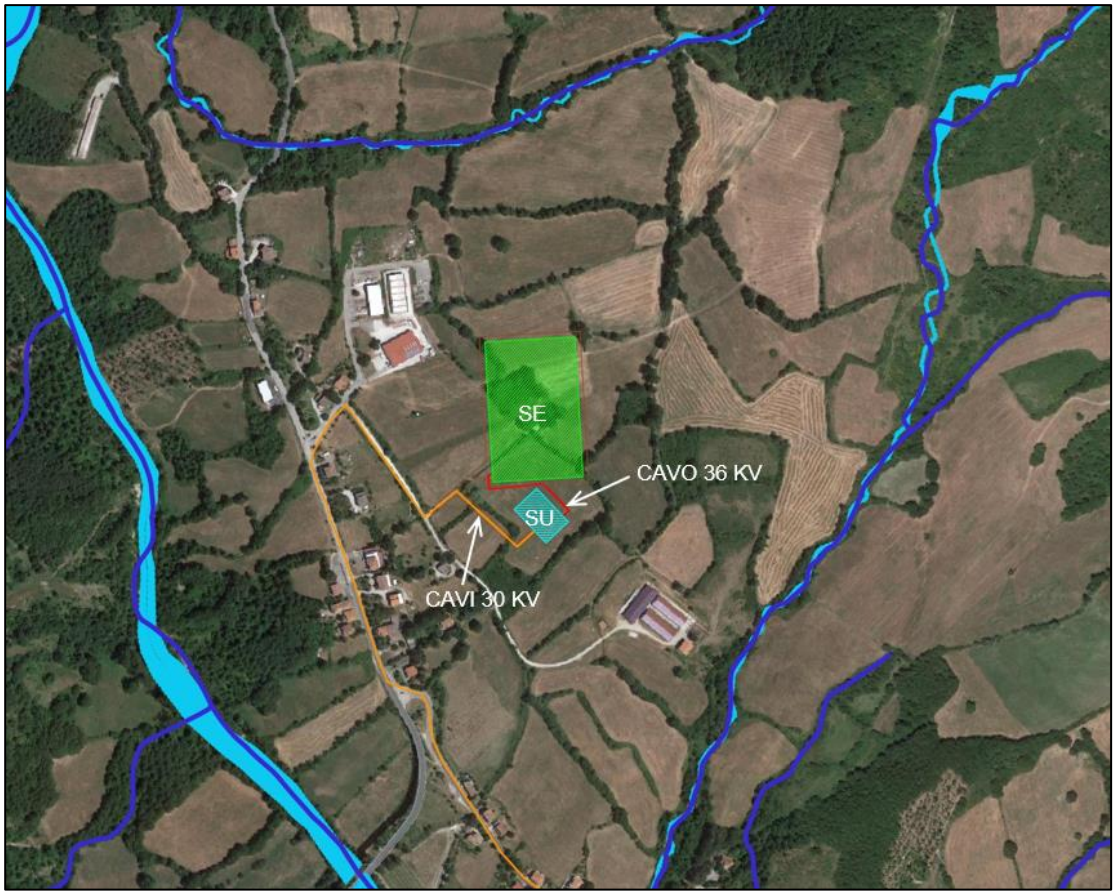


Figura 3 - Sovrapposizione del reticolo idrografico con area nuova SU+BESS. In blu il reticolo appartenente all'elenco della l.r. 79/12, in azzurro gli elementi idrici appartenenti all'elenco delle acque pubbliche

4.1 Individuazione del bacino imbrifero dell'elemento idrico facente parte delle acque pubbliche in corrispondenza dell'interferenza con la viabilità di accesso alla WTG5

La delimitazione del bacino imbrifero del fosso di Monterone in corrispondenza del nuovo attraversamento è stata effettuata tramite piattaforma GIS su rilievo LIDAR maglia 10x10 m estratto dal portale cartografico regionale.

Nella figura che segue si riporta l'immagine su ortofoto. L'area della superficie del bacino è risultata pari a 0,045 km² (4,5 ha).

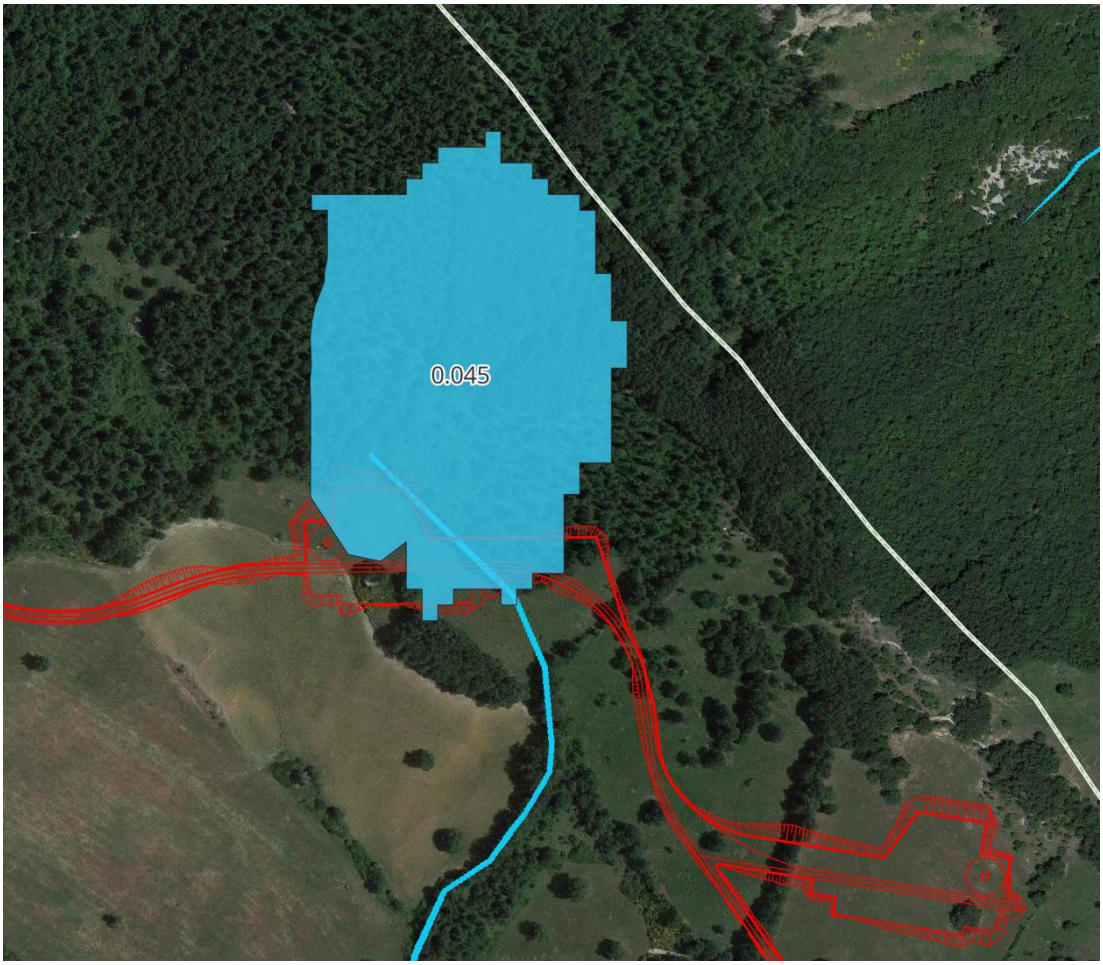


Figura 4 – Bacino imbrifero attraversamento su fosso di Monterone

La stazione di rilevamento pluviometrico più vicina è "Sestino" (cod. TOS11000026) esterna al bacino imbrifero di competenza dell'attraversamento in esame.

4.2 Determinazione della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica (LSPP)

4.2.1 Metodologia

Il problema della stima di eventi estremi di precipitazione, come l'altezza massima di pioggia caratterizzata da un determinato periodo di ritorno, in bacini idrografici non strumentati, è stata affrontata attraverso lo studio dell'"Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme" ripreso dalla pubblicazione redatta dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze nell'ambito di un accordo di collaborazione scientifica promossa dalla Regione Toscana per la mitigazione del rischio idraulico.

Tale approccio consente di utilizzare contemporaneamente l'intera informazione pluviometrica disponibile per le diverse stazioni pluviometriche presenti sul territorio regionale riducendo così l'incertezza associata alla disomogeneità delle serie storiche osservate nei diversi siti di misura.

Per definire i parametri delle LSPP vengono dapprima individuate regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni.

Per la stima dell'altezza massima di pioggia di determinata durata, è stato utilizzato un metodo basato sulla legge di distribuzione probabilistica TCEV (Two Component Extreme Value).

La legge probabilistica TCEV è una distribuzione a 4 parametri, composta da 2 distribuzioni a valori estremi del I tipo (EV1) e la sua funzione di probabilità cumulata (CDF) è:

$$F_x(x) = \left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\theta_2}\right)\right\} \quad \text{per } x \geq 0$$

Nella quale i parametri Λ_1 e Λ_2 (con $\Lambda_1 > \Lambda_2 \geq 0$) rappresentano il numero medio annuo di eventi relativi rispettivamente alla componente di base e alla componente eccezionale, mentre i parametri con θ_1 e θ_2 (con $\theta_2 > \theta_1 > 0$) rappresentano il rispettivo valore medio di tali eventi.

Al primo livello di regionalizzazione vengono individuate una o più zone omogenee si individuano una o più zone omogenee all'interno delle quali si possono ammettere costanti Λ^* e θ^* della CDF della TCEV espressa in funzione della variabile ridotta y dove i parametri Λ^* e θ^* sono definiti come:

$$\theta^* = \frac{\theta_2}{\theta_1} \qquad \text{e} \qquad \Lambda^* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\theta*}}$$

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante anche il parametro Λ_1 della CDF della TCEV espressa in funzione della variabile ridotta y.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano infine delle aree omogenee all'interno delle quali si individuano delle relazioni tra la pioggia indice μ e le caratteristiche geografiche del sito.

L'area analizzata nello studio dell'Università di Firenze comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, come l'Arno, il Serchio, l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli della costa tirrenica, il bacino attiguo del fiume Magra ed alcuni sottobacini dei fiumi Tevere e Fiora.

Le regioni omogenee in cui è stato suddiviso il territorio sono 4: Nord-Tirrenica, Nord-Ovest, Appennino-Amiata, Centro-Sud.

Per ogni regione è stata determinata la curva di crescita per le precipitazioni giornaliere e, quando questa non sia risultata indicativa dell'andamento della distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle piogge a livello orario, si è proceduto ad una stima diretta della curva di crescita per ciascun valore di durata.

Per la determinazione della pioggia indice per ogni regione omogenea è stato utilizzato un modello multivariato, funzione delle caratteristiche climatiche e geomorfologiche.

Le stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e i diversi tempi di ritorno sono state ottenute come prodotto dei valori di pioggia indice per le diverse durate e i fattori di crescita per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni omogenee individuate.

Una volta determinati i valori estremi delle altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati sono stati valutati mediante regressione logaritmica i parametri a e n della LSPP descritta dall'equazione:

$$h = a \cdot t^n$$

I risultati sono riportati in file Ascii Grid a maglie di 1 km per ciascun tempo di ritorno considerato.

4.2.2 Calcolo della pioggia di progetto

L'attraversamento del reticolo appartenente alle acque pubbliche sarà dimensionato per il deflusso della portata con tempo di ritorno di 200 anni mentre le opere previste per risolvere le interferenze con gli impluvi esistenti saranno progettate per sopportare eventi meteorici aventi tempo di ritorno di 20 anni.

Per calcolare l'LSPP con tempo di ritorno di 20 e 200 anni i file Ascii Grid dei parametri a e n per Tr 20 e per Tr di 200 anni sono stati riportati su piattaforma GIS sovrapponendoli al vettore spartiacque del bacino esaminato.

Essendo un bacino di dimensioni molto ridotte e al limite del confine regionale non è risultato coperto dal file Ascii Grid, pertanto, per la definizione della LSPP caratteristica è stato assunto il valore dei parametri a e n della maglia più vicina al bacino in esame.

L'LSPP per il bacino esaminato e per il tempo di ritorno ventennale ha la seguente equazione:

$$h = 47{,}110 \cdot t^{0.272}$$

L'LSPP per il bacino esaminato e per il tempo di ritorno duecentennale ha la seguente equazione:

$$h = 63{,}252 \cdot t^{0.3045}$$

4.3 Modello di trasformazione afflussi deflussi

Per la determinazione dell'idrogramma di piena in corrispondenza della sezione di attraversamento del fosso di Monterone è stato utilizzato un modello di trasformazione afflussi-deflussi basato sull'impiego dell'idrogramma sintetico del Soil Conservation Service.

Nel caso specifico è stato adottato, per simulare le perdite di bacino, il metodo SCS-CURVE NUMBER, che è basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulate ed in cui, in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione dello stesso, viene calcolato istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre deflusso.

Come noto, il metodo di calcolo del deflusso superficiale con lo schema SCS-CN richiede la stima di un parametro fondamentale, denominato appunto Curve Number, ottenibile tramite l'incrocio di classificazioni indipendenti sulle caratteristiche idrologiche del suolo e sull'uso del suolo (USDA, 1986). Secondo la formulazione corrente, le proprietà idrologiche dei suoli (HSG) sono raggruppate in quattro classi, così descritte:

HSG Group A (low runoff potential): Soils with high infiltration rates even when thoroughly wetted. These consist chiefly of deep, well-drained sands and gravels. These soils have a high rate of water transmission (final infiltration rate greater than 0.3 in./h).

HSG Group B Soils with moderate infiltration rates when thoroughly wetted. These consist chiefly of soils that are moderately deep to deep, moderately well drained to well drained with moderately fine to moderately course textures. These soils have a moderate rate of water transmission (final infiltration rate of 0.15 to 0.30 in./h).

HSG Group C: Soils with slow infiltration rates when thoroughly wetted. These consist chiefly of soils with a layer that impedes downward movement of water or soils with moderately fine to fine textures. These soils have a slow rate of water transmission (final infiltration rate 0.05 to 0.15 in./h).

HSG Group D (high runoff potential): Soils with very slow infiltration rates when thoroughly wetted. These consist chiefly of clay soils with a high swelling potential, soils with a permanent high water table, soils with a claypan or clay layer at or near the surface and shallow soils over nearly impervious materials. These soils have a very slow rate of water transmission (final infiltration rate less than 0.05 in./h).

Per la determinazione del CN del bacino imbrifero di competenza dell'attraversamento si è fatto riferimento alla pubblicazione derivante dall' "Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca e mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana Macroattività B - Modellazione idrologica Attività B2: Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS".

I parametri del suolo definiti si basano sullo specifico studio effettuato dalla Soildata s.r.l. di Lorenzo Gardin, nell'ambito del quale è stata prodotta la nuova mappa di suoli della Regione Toscana riportante varie informazioni quantitative sullo strato superficiale (30 cm) e subsuperficiale (150 cm). Queste includono la prevalente classe tessiturale USDA. Da questa è possibile desumere la classe HSG secondo le indicazioni di Schoeneberger et al. (1998). La mappa risultante è mostrata nella figura che segue.

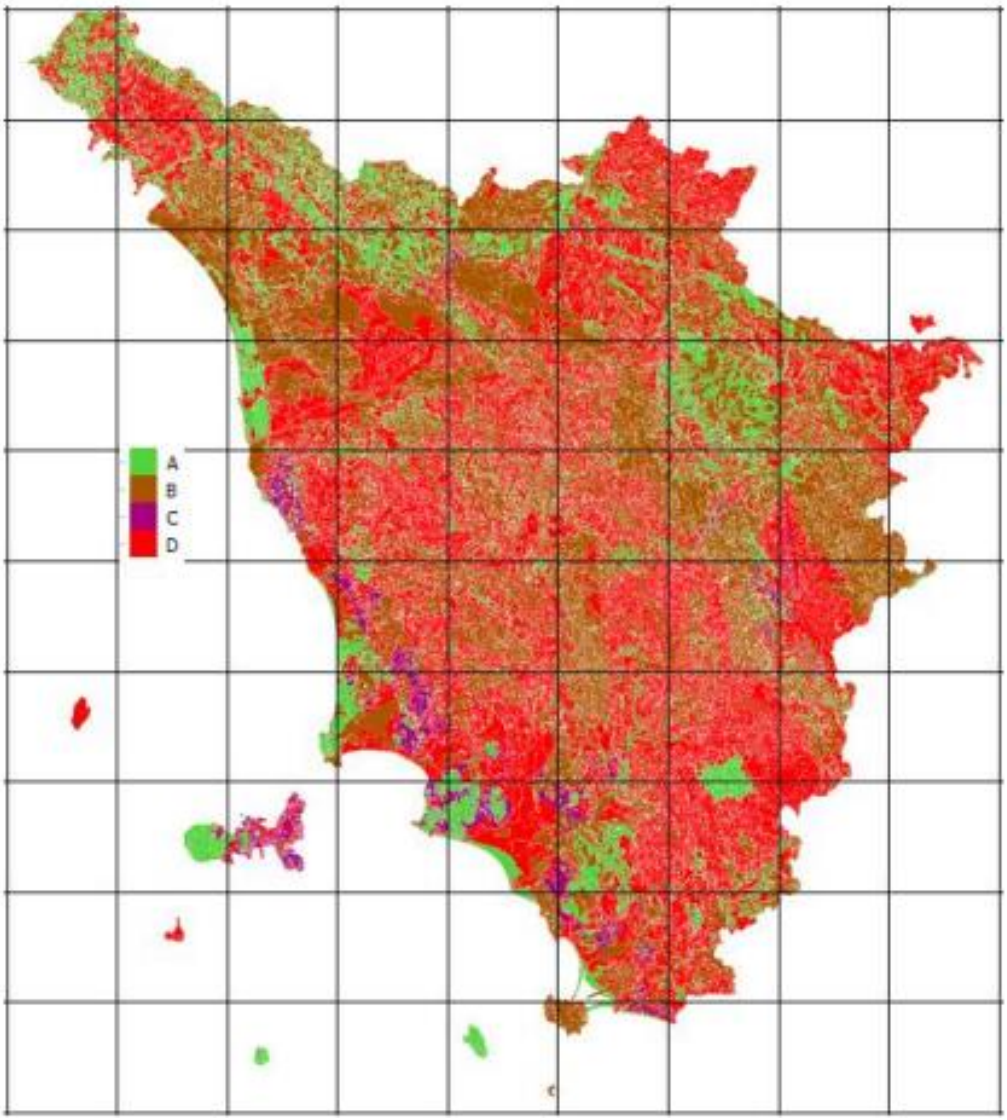


Figura 5 - Classificazione HSG de suoli della Toscana

Per quanto riguarda l'informazione sull'uso del suolo è stato utilizzato lo strato informativo Corine Land Cover aggiornamento 2006.

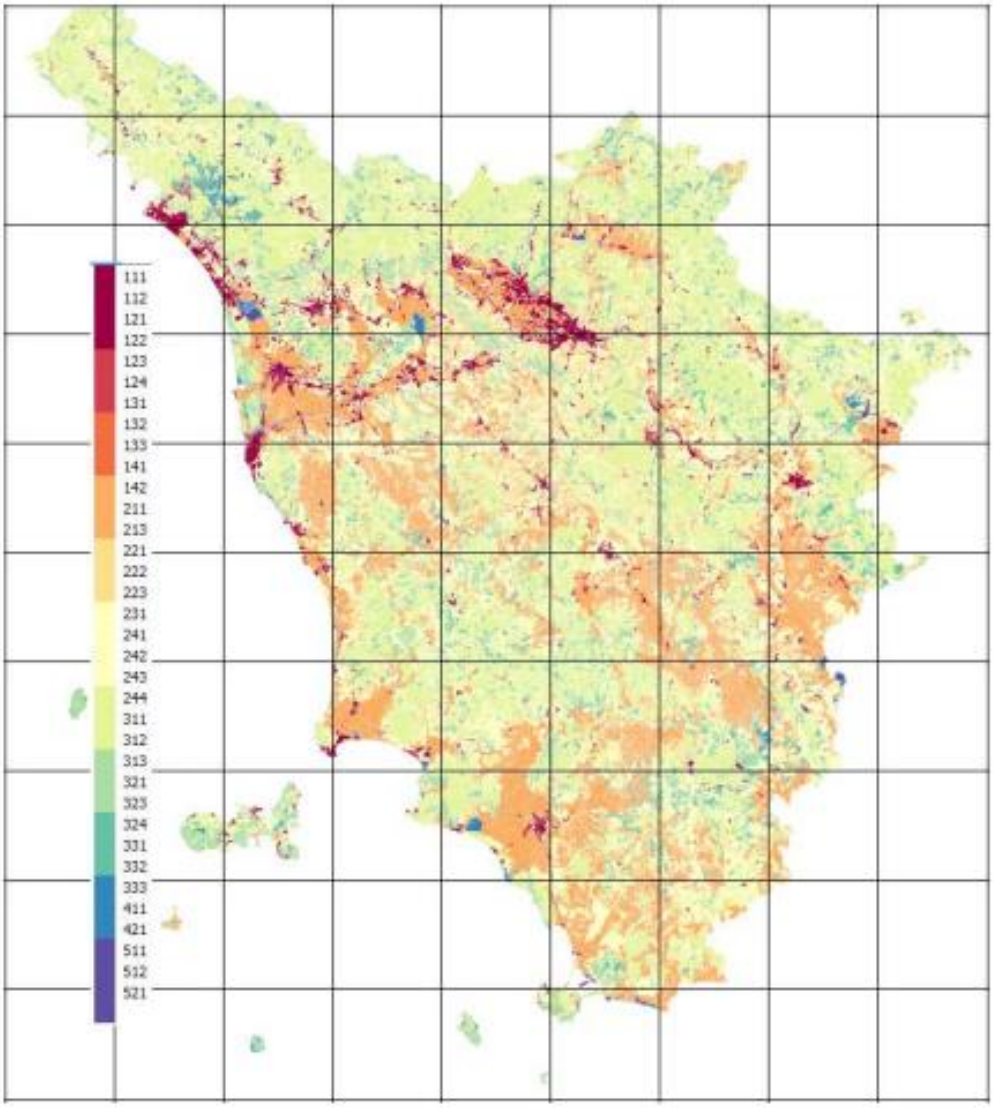


Figura 6 - Corine Land Cover 2006

La sua applicazione però non è immediata, in quanto le tabelle ufficiali del CN prevedono una specifica classificazione dell'uso del suolo che tiene conto anche delle diverse pratiche colturali (USDA, 1986). A tal fine è stata quindi qui definita una specifica tabella di attribuzione, riportata qui sotto.

Corine LIVELLO 3	SCS-CN per diversi HSG				Rif. USDA 1986
	A	B	C	D	
111 - Tessuto urbano continuo	89	92	94	95	Commercial and business (85% imp.)
112 - Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)/small>
121 - Unità industriali o commerciali	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
122 - Reti di strade e binari e territori associati	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
123 - Aree portuali	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
124 - Aeroporti	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
131 - Luoghi di estrazioni di minerali	76	85	89	91	Gravel (including right of way)
132 - Discariche	81	88	91	94	Industrial (72% imp.)
133 - Luoghi di costruzione	77	86	91	94	Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)
141 - Aree di verde urbano	49	69	79	84	Fair condition (grass cover 50 to 75%)
142 - Strutture di sport e tempo libero	68	79	86	89	Poor condition (grass cover <50%)
211 - Seminativi non irrigati	61	73	81	84	Contoured (C)
212 - Suolo permanentemente irrigato	67	78	85	89	Straight row (SR)
213 - Risaie	62	71	78	81	Contoured & terraced (C&T)
221 - Vigneti	76	85	90	93	Crop residue cover
222 - Frutteti e frutti minori	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
223 - Oliveti	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
231 - Pascoli	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
241 - Colture annuali associate a colture permanenti	61	73	81	84	Small grain
242 - Coltivazione complessa	61	73	81	84	Small grain
243 - Suoli principalmente occupati dall'agricoltura	61	73	81	84	Small grain
244 - Aree di agro-selvicoltura	61	73	81	84	Small grain
311 - Foreste a latifoglie	36	60	73	79	Woods
312 - Foreste a conifere	36	60	73	79	Woods
313 - Foreste miste	36	60	73	79	Woods
321 - Prateria naturale	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.

322 - Lande e brugheria	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
323 - Vegetazione sclerofila	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
324 - Transizione suolo boscoso/arbusti	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
331 - Spiagge, dune e piani di sabbia	46	65	77	82	12% imp.
332 - Roccia nuda	96	96	96	96	Artificial desert landscaping
333 - Aree scarsamente vegetate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
334 - Aree bruciate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
335 - Ghiacciai e nevi perenni	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
411 - Paludi interne	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
412 - Torbiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
421 - Paludi di sale	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
422 - Saline	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
423 - Piani intertidali	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
511 - Corsi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
512 - Corpi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
521 - Lagune costiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
522 - Estuari	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
523 - Mare	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies

L'applicazione di tale tabella porta quindi alla mappa di CN riportata in figura

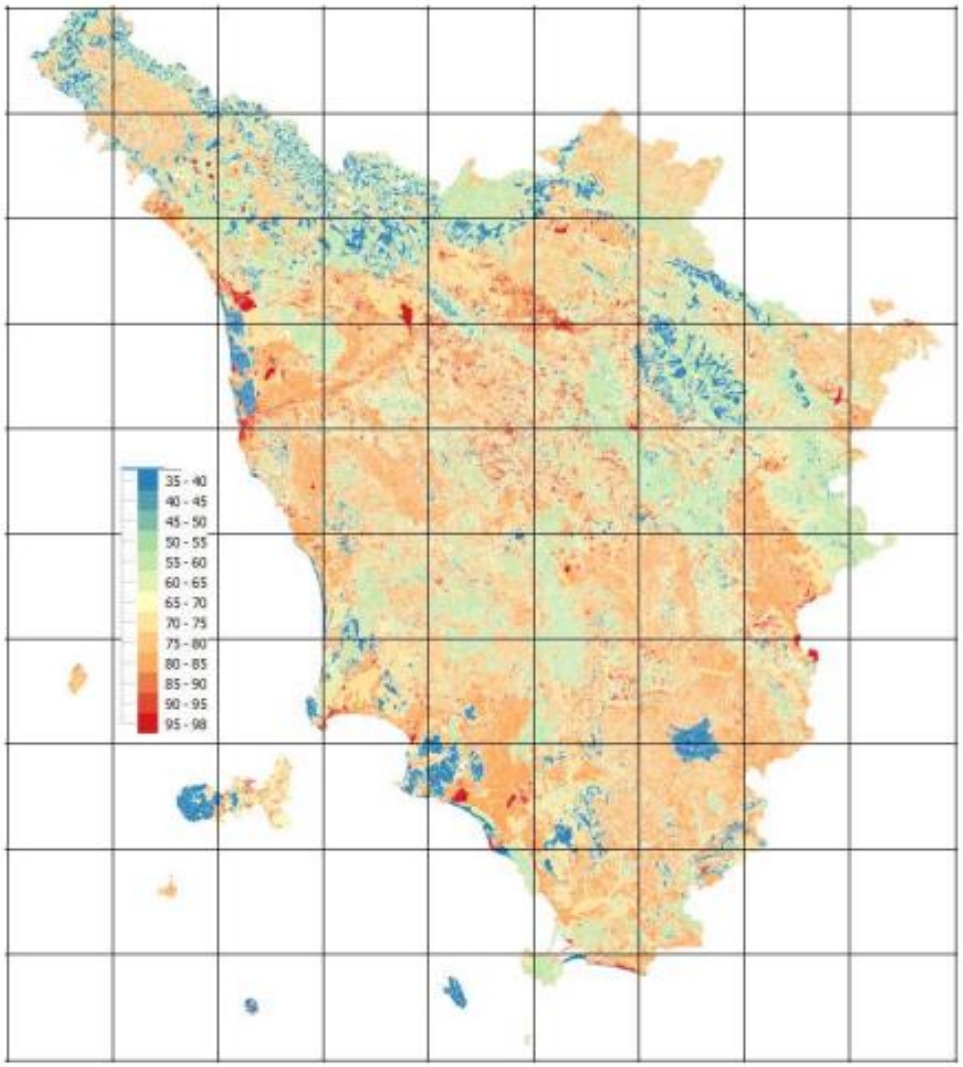


Figura 7 - Valori di Curve Number (CN-II) per la Toscana

Per la determinazione del CN medio del bacino imbrifero del fosso di Monterone la mappa vettoriale regionale è stata ritagliata su piattaforma GIS in corrispondenza del limite del bacino imbrifero esaminato, i dati vettoriali sono poi stati rasterizzati con maglia 5x5 m, come visibile nella figura sotto riportata.

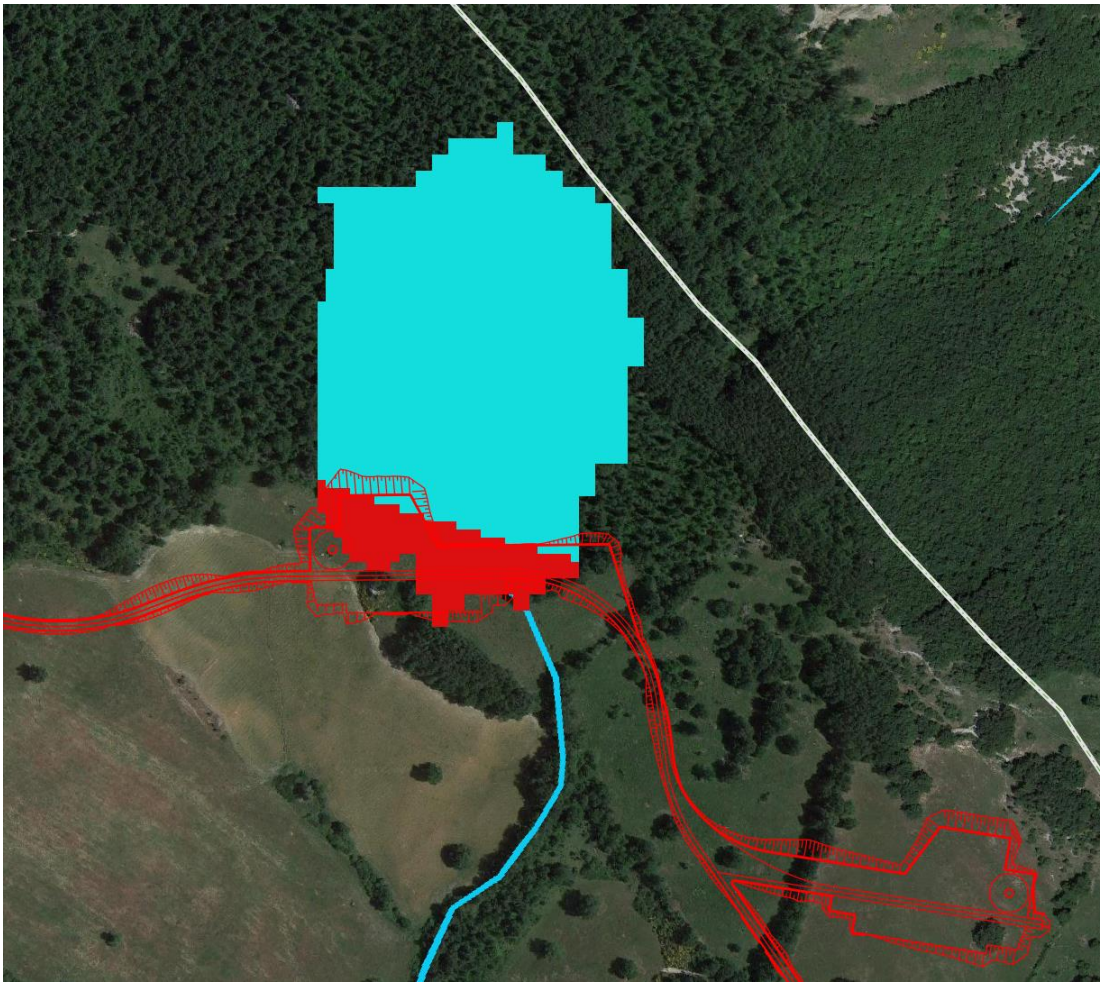


Figura 8 - In azzurro le aree con CN pari a 79 e in rosso le aree con CN pari a 84

La permeabilità dei suoli appartenenti al bacino è di tipo D, mentre la copertura del suolo è quasi completamente rappresentata da boschi di latifoglie, solo la parte terminale del bacino è coperta da terreni agricoli non irrigui.

Per la determinazione del CN da attribuire al bacino è stato stimato il valore medio dei CN mediante operazioni di analisi spaziale compiute direttamente da plugin interni alla piattaforma. Tale valore è risultato pari a 79,64.

Il valore del coefficiente CN così determinato è relativo a condizioni medie del terreno antecedenti l'evento (Antecedent Moisture Condition classe II - che in sigla viene indicata come AMCII) e può essere corretto in base alla classe di umidità prescelta secondo le note formule.

Nel caso specifico il CN attribuito al bacino è stato corretto secondo la condizione di umidità relativa antecedente all'evento AMCIII ed è risultato pari a 90,00.

Noto il valore del CN, per la determinazione della pioggia netta si è utilizzata l'espressione:

$$P_n = \frac{(P_g - I_a)^2}{P_g - I_a + S}$$

dove:

Pn è la pioggia netta misurata in mm;

Pg è la pioggia grezza misurata in mm;

Ia = β·S è la perdita iniziale (Initial abstraction) in mm, con β valutato prudenzialmente pari a **0,1**;

S = 25.4·(1000/CN -10) è l'altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo in condizioni di saturazione (capacità di ritenzione potenziale), misurato in mm.

4.4 Idrogramma unitario sintetico del SCS

L'idrogramma unitario triangolare del SCS è un particolare idrogramma unitario le cui caratteristiche sono definite dai seguenti parametri:

- il tempo di ritardo t_l (lag time), cioè l'intervallo di tempo tra il baricentro dello ietogramma delle piogge nette e la portata al colmo dell'idrogramma unitario. Esso può essere valutato in base ad osservazioni relative ad eventi di piena che si sono verificati nel bacino in esame, oppure in mancanza di dati può essere stimato in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche del bacino attraverso la seguente formula empirica del SCS

  $$t_l \cong 0.6 \cdot T_C$$

  e T_c è il tempo di corrivazione del bacino espresso dalla relazione:

  $$t_c = \frac{100 \cdot \mathrm{L}^{0.8} \cdot \left[(1000/CN) - 9\right]^{0.7}}{1900 \cdot S^{0.5}}$$

  In cui L è la lunghezza dell'asta principale ed S la sua pendenza
- la durata t_p della fase ascendente dell'idrogrammma (time of rise)
  dalla definizione del lag time si deduce che:

  $$T_p = \frac{t_r}{2} + t_l$$
- la durata base t_b, cioè la durata complessiva dell'idrogramma unitario
  Il SCS suggerisce la seguente relazione tra t_b e T_p ricavata dallo studio di diversi bacini:

  $$t_b = 2.67 \cdot T_p$$
- la portata di picco q_p
  Poiché l'area sottesa dall'idrogramma unitario deve essere pari al volume globale affluito per una pioggia netta dei altezza 1 cm, si deduce che:

  $$\frac{1}{2} \cdot q_p \cdot 2.67 \cdot T_p = 1 \cdot A$$

  dove A è l'area del bacino.

Esprimendo la portata in m³/s, l'area in km², e la durata T_p in ore l'equazione precedente diventa:

$$q_p = 2.08 \cdot \frac{A}{T_p}$$

Tutte le caratteristiche dell'idrogramma unitario SCS sono ricollegabili al lag time t_l e all'area del bacino A, per cui note queste grandezze l'idrogramma è completamente definito.
Nella tabella che segue sono riportate le caratteristiche del bacino del fosso di Monterone utilizzate per il calcolo dell'idrogramma unitario del SCS.

A [km²]	L [km]	S [%]	CN **(AMCIII)**
0,045	0,25	20,5	90,00

4.5 Modello cinematico

Il Metodo Cinematico lineare, comunemente anche detto Metodo della Corrivazione, si basa su alcune considerazioni:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare alla sezione di chiusura di questo;
- il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale alla intensità della pioggia caduta nel punto in un istante precedente quello del passaggio della piena del tempo necessario perché detto contributo raggiunga la sezione di chiusura;
- questo tempo è caratteristico di ogni singolo punto e invariante nel tempo.

Ne consegue che:

- esiste un tempo di corrivazione t_c, caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto più "lontano" del bacino raggiunga la sezione di chiusura;

Stante la forma dell' IUH (Idrogramma Unitario Istantaneo) del bacino, con u(t) = 0 per t = tc

- la portata al colmo si avrà al tempo tp = t = tc, per tp = tc, e in tutto l' intervallo di tempo tc÷ tp, per tp > tc;
- e poiché il valore di L(tp) non cresce all' aumentare di tp oltre il valore L(tc), la portata critica si avrà per un tempo di pioggia tp = tc;

Tenuto conto che usualmente l'intensità media di pioggia va diminuendo con l'aumentare della durata della stessa meno di quanto vada aumentando il parametro L(tp), la portata massima al colmo si ottiene normalmente per piogge di durata pari al tempo di corrivazione.

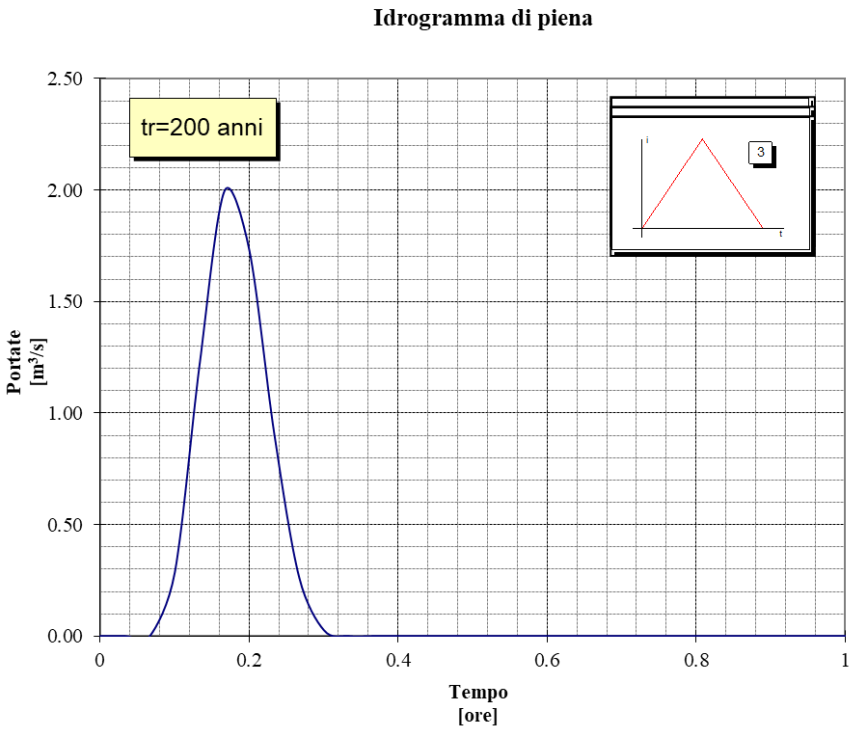
4.6 Distribuzione della pioggia e calcolo dell'idrogramma di piena di progetto per l'attraversamento del fosso di Monterone

La curva di possibilità pluviometrica non descrive la variazione temporale dell'altezza di pioggia all'interno di un intervallo di assegnata durata Tp, ma fornisce solo l'intensità media dell'evento di pioggia.

A parità di tempo di ritorno Tr e di durata di pioggia Tp possono aversi infinite realizzazioni dello ietogramma a ciascuna delle quali sono associate onde di piena diverse. La sensibilità della risposta dei bacini allo ietogramma è maggiore in bacini di ridotte dimensioni dell'ordine di grandezza di quello in esame.

Nel caso in questione, a differenza del modello cinematico utilizzato per la determinazione della portata di progetto del reticolo di regimazione delle acque superficiali, è stato utilizzato uno ietogramma triangolare con picco posto nella metà dello ietogramma (ipotesi cautelativa).

Con queste ipotesi di base si riporta nella figura che segue l'idrogramma di piena di progetto ottenuto a seguito dell'elaborazione dei dati precedentemente ricavati.



CN	Tc [s]	**Qmax [m³/s]**
90,00	0,07	**2**

5 Studio idraulico

5.1 Dimensionamento dell'attraversamento del fosso di Monterone

Il rilievo effettuato e l'individuazione degli impluvi mediante elaborazione del DTM in ambiente GIS evidenziano che il tracciato del fosso di Monterone nel tratto iniziale non coincide con quello presente sulla mappa catastale. Questa osservazione ci consente di confermare con chiarezza che l'interferenza riguarda esclusivamente la viabilità e non coinvolge la piazzola WTG-5.

L'elemento idrico, intercettato dalla sola viabilità, fa parte del reticolo delle acque pubbliche, pertanto, la sezione idraulica dell'attraversamento viene dimensionata per il deflusso della portata avente tempo di ritorno di 200 anni ma, date le modestissime dimensioni dell'impluvio, si ritiene sufficiente una verifica del tombino di attraversamento in condizioni di moto uniforme.

Il tombino potrà essere realizzato mediante condotta in c.a.v. del diametro minimo di 800 mm o con sezione scatolare delle dimensioni minime di 1000x800 mm.

Verificando tali sezioni a moto uniforme con la formula di Gauckler Strickler con coefficiente di scabrezza di 70 $m^{1/3} \cdot s^{-1}$ e altezza massima del pelo libero pari a 0,3 m, la portata massima che può defluire dalla condotta risulta in entrambi i casi superiore alla portata di progetto consentendo inoltre la garanzia di un franco minimo di 50 cm così come previsto nella Circolare applicativa alle N.T.C. 21 gennaio 2019 n. 7.

	dimensioni	h [m]	A [m²]	C [m]	R [m]	i [m/m]	Q [m³/s]
Sezione circolare	800	0.3	0.261	1.4331	0.1821	0.145985	2.24
Sezione scatolare	1000x800	0.3	0.3	1.6	0.1875	0.145985	2.63

5.2 Dimensionamento di massima degli elementi di regimazione delle acque

La rete di regimazione delle acque di ruscellamento superficiale viene dimensionata, invece, per eventi meteorici aventi periodo di ritorno di 20 anni in relazione a scrosci di durata minima di 15 minuti. Eventi di durata minore potrebbero dare luogo a maggiori picchi di portata, tuttavia, i volumi di pioggia in gioco sarebbero irrilevanti.

L'altezza di pioggia alla base del dimensionamento sarà dunque pari a:

$h = a \cdot t^n = 47{,}11 \cdot t^{0{,}272} = 32{,}3$ mm

La determinazione della portata massima sarà basata su diverse dimensioni della superficie scolante, considerando un coefficiente di deflusso di 0,7. Questo coefficiente tiene conto della bassa permeabilità del terreno mitigata, però, dalla presenza di copertura vegetale che contribuisce a ridurre il deflusso superficiale delle acque piovane.

Come si evidenzia dagli elaborati di progetto le acque a monte della viabilità saranno raccolte da fossi di guardia e canalette per poi attraversare la viabilità mediante tubazioni circolari.

Per pendenze elevate delle canalette, potrebbe rendersi necessario un rivestimento in calcestruzzo, in pietra o in altro materiale per scongiurare fenomeni erosivi.

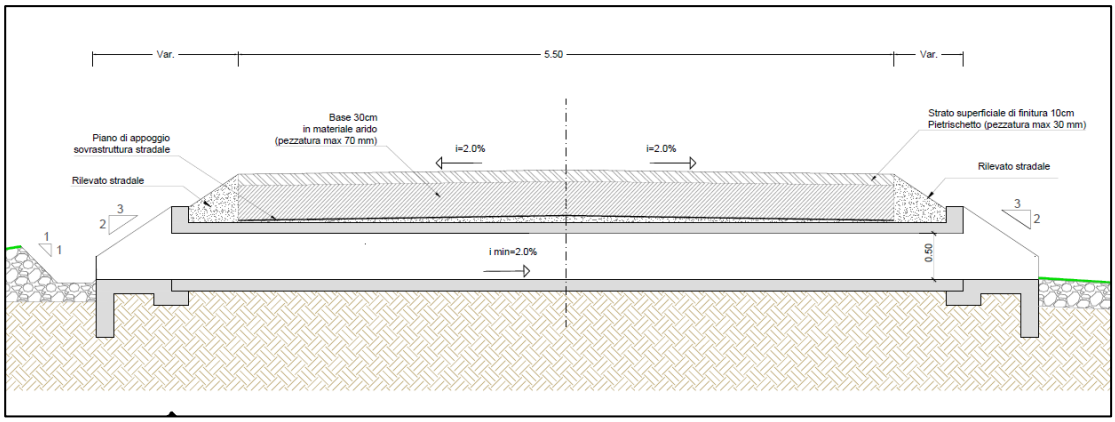


Figura 9 – Tipica sezione di attraversamento con tubazione circolare e canaletta trapezia bordo strada

Figura 10 – Tipico esempio di attraversamento stradale con tubazione circolare in un impianto eolico

Considerando per canalette e fossi di guardia pendenze minime dell'1% e per gli attraversamenti del 10% in via preliminare si può fare riferimento alle seguenti tabelle per le dimensioni di questi elementi:

	superficie scolante [ha]	Q_{20} [m³/s]	sez. trapezia scarpa1:1 [cm]	b	h [m]	A [m²]	C [m]	R [m]	i [m/m]	Q [m³/s]
fossi di guardia e canalette	1	0.25	15x15	0.15	0.15	0.045	0.06	0.71	0.01	0.25
	2	0.50	25x20	0.25	0.20	0.100	0.14	0.71	0.01	0.56
	3	0.75	30x30	0.30	0.25	0.150	0.21	0.71	0.01	0.83

Tabella 1 – Dimensioni preliminari delle canalette di drenaggio.

	superficie scolante [ha]	Q_{20} [m³/s]	D [mm]	i [m/m]	Qp [m³/s]
Sezione circolare	1	0.25	400	0.1	0.599
	2	0.50	500	0.1	1.087
	3	0.75	600	0.1	1.767

Tabella 2 - Dimensioni preliminari delle tubazioni di attraversamento.

6 Conclusioni

La presente relazione si riferisce agli aspetti di natura idrologica-idraulica riguardanti un impianto eolico denominato “Energia Monte Petralta”, il cavidotto di connessione tra l’impianto eolico e la nuova Stazione Utente, la Stazione Utente e il sistema di stoccaggio dell’energia con batterie (BESS).

La Stazione Utente e il BESS, il cavo di collegamento fra Stazione Utente e Stazione Elettrica RTN si trovano a circa 12 km in linea d’aria dall’area di impianto su un terreno semi-pianeggiante e non interferiscono con nessun corso d’acqua facente parte del reticolo della l.r. 79/12., né delle acque pubbliche.

Il cavidotto di collegamento fra impianto eolico e Stazione Utente sarà interrato nella sede stradale esistente e non andrà a modificare in alcun modo le regimazione idraulica attuale.

Per quanto riguarda l’area dell’impianto eolico, si è proceduto al calcolo idrologico-idraulico per il dimensionamento preliminare delle opere necessarie alla regimazione idraulica delle acque superficiali nell’ambito del progetto delle strade e delle piazzole di montaggio.

Dall’analisi effettuata è risultato che le opere stradali non interferiscono con il reticolo idrografico esistente ad eccezione di un unico punto situato nelle vicinanze della WTG 5 in cui la viabilità interseca un elemento idrico denominato fosso di Monterone che appartiene alle acque pubbliche, ma che non appartiene al reticolo della l.r. 79/12.

Tale attraversamento è stato pre-dimensionato in questa fase di progettazione esecutiva ed ha un diametro di 800 m tale da consentire il deflusso della portata avente tempo di ritorno di 200 anni con adeguato franco così come previsto dalle normative vigenti.

Per tutti gli altri elementi come attraversamenti su impluvi naturali minori e canalette di drenaggio, il pre-dimensionamento è stato effettuato considerando un tempo di ritorno di 20 anni, ritenuto sufficiente allo scopo e dovrà essere confermato in fase di progettazione esecutiva.

Sia l’area di impianto, che l’area di Stazione Utente e BESS sono al di fuori delle zone a rischio idraulico previste dal PGRA, per cui non risulta necessario alcun accorgimento particolare, se non quello di una normale regimazione idraulica superficiale delle acque meteoriche.