



NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO  
DENOMINATO "MOLINO"

AMMINISTRAZIONE:

COMUNE DI MARLIANA - PROVINCIA DI PISTOIA

CORSO D'ACQUA:

TORRENTE VINCIO DI MONTAGNANA

LIVELLO PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

NUMERO:

1

SCALA:

DATA:

Gennaio 2015

TITOLO:

RELAZIONE TECNICA E IDROLOGICA

PROGETTAZIONE:

ING. ALICE SALOTTI

Loc. Belvedere, 51

55022 Bagni di Lucca (LU)

email: salotti@alice.it

pec: alice.salotti@ingpec.eu

COMMITTENTE:

CEMAL ENERGIE SRL

Via traversa seconda, i.2

55014 Capannori (LU)

REV.	DESCRIZIONE	DATA
4		
3		
2		
1	EMISSIONE PER ATTIVAZIONE PROCEDURA DI P.A.S.	29/12/2014
0	EMISSIONE PER RICHIESTA CONCESSIONE DERIVAZIONE	19/06/2013



## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. SINTESI DEL PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEL BACINO DEL TORRENTE VINCIO.....</b>	<b>8</b>
<b>4. ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA DEL TORRENTE VINCIO.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. DISPONIBILITÀ IDRICHE UTILIZZATE .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2. DISPONIBILITÀ IDRICHE DEL TORRENTE VINCIO ALL'OPERA DI PRESA IN PROGETTO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.3. CALCOLO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE (DMV).....</b>	<b>15</b>
<b>4.4. PORTATE DERIVABILI E TURBinate.....</b>	<b>16</b>
<b>4.5. REGOLAZIONE DELLE PORTATE ALL'OPERA DI PRESA.....</b>	<b>17</b>
<b>5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....</b>	<b>19</b>
5.1. Opera di presa	19
5.2. Condotta forzata e perdite di carico	21
5.3. Fabbricato di centrale	22
5.4. Elettrodotto di connessione alla rete elettrica nazionale	24
<b>6. CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>27</b>
6.1. Viabilità e accessi	27
6.2. Fasi e piano di gestione dei sotto-cantieri	28
6.3. Opere civili	30
6.4. Cronoprogramma	31
6.5. Considerazioni finali sulla gestione del cantiere	32
<b>7. DATI DI CONCESSIONE.....</b>	<b>33</b>
<b>8. STIMA DEL COSTO DI COSTRUZIONE .....</b>	<b>34</b>
<b>TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO.....</b>	<b>35</b>

## 1. PREMESSA

La presente “relazione tecnica descrittiva” rientra nell’ambito del progetto definitivo di un nuovo impianto micro-idroelettrico, denominato “Molino”, sul torrente Vincio di Montagnana, localizzato nel Comune di Marliana in Provincia di Pistoia. Tale progetto definitivo riprende le indicazioni progettuali di massima illustrate nel progetto preliminare, a firma dell’Ing. Alice Salotti, presentato a corredo della domanda di derivazione di acqua pubblica avanzata alla Provincia di Pistoia, Dipartimento Difesa del Suolo e Risorse idriche, pratica 31638 del 27/06/2013. La domanda di concessione di derivazione è stata regolarmente pubblicata, ai sensi dell’art.7 del RD 1775/33, in data 07/08/2013 sul BURT N.32.

Titolare della domanda di derivazione di acqua pubblica, è la società CEMAL Energie srl con sede a Capannori (LU) in Loc. Marlia. La suddetta società ha acquisito la piena titolarità del progetto subentrando nella titolarità alla Sig.ra Chicchi Giuseppina.

Il progetto si compone della presente relazione tecnica contenente una descrizione degli interventi prospettati, di una relazione di compatibilità idraulica, della relazione paesaggistica e di conformità urbanistica e degli elaborati grafici per l’individuazione delle caratteristiche tecniche delle opere in progetto. Di seguito è riportato l’elenco completo degli elaborati.

### ELABORATI GRAFICI

N.	DESCRIZIONE	SCALA	FORMATO
1	COROGRAFIA	1:100000	A3
2	BACINO IMBRIFERO	1:10000	A3
3	PLANIMETRIA DI PROGETTO SU CTR E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	1:5000	A3
4	ESTRATTO MAPPA CATASTALE CON INSERIMENTO OPERE IN PROGETTO	1:2000	A3
5	OPERA DI PRESA: PLANIMETRIA, PIANTE E SEZIONI	1:100/1:50	A1+
6	FABBRICATO DI CENTRALE: PLANIMETRIA, PROSPETTI E SEZIONI	1:100	A1
7	FABBRICATO DI CENTRALE: PROSPETTI E PARTICOLARI ARCHITETTONICI	1:100/1:25	A3
8	SEZIONI TIPO DELLA CONDOTTA FORZATA	1:50	A3
9	SEZIONI D’ALVEO STATO ATTUALE CON INDICAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA CON TR=20,100,200 ANNI	1:500	A1+
10	SEZIONI D’ALVEO STATO ATTUALE CON INDICAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA CON TR=20,100,200 ANNI	1:500	A1+
11	CANTIERIZZAZIONE: AREE OCCUPATE E PISTE DI ACCESSO	1:2000/1:250	A2+

## ELABORATI SCRITTI

N.	DESCRIZIONE	FORMATO
1	RELAZIONE TECNICA E IDROLOGICA	A4
2	RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	A4
3	RELAZIONE PAESAGGISTICA E DI COMPATIBILITÀ URBANISTICA	A4
4	DOC. FOTOGRAFICA, RENDER E FOTOINSERIMENTI	A3
5	PROGETTO DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA	A4/A3
6	SINTESI PROGETTUALE	A4

### 1.1. Sintesi del progetto

L'impianto idroelettrico in progetto prevede la captazione delle acque superficiali del torrente Vincio di Montagnana a quota di circa 553.00 m s.l.m., in corrispondenza di una briglia presente in loc. Molino.

Dall'opera di presa si prevede la partenza, in sponda destra, di una condotta forzata interrata di diametro 400 mm.

La lunghezza complessiva della condotta forzata dalla presa al fabbricato di centrale è di 375 m circa.

Il fabbricato di centrale si prevede collocato parzialmente interrato all'interno della sponda sinistra del torrente Vincio, a monte della confluenza del fosso dell'Alberaccio nel torrente Vincio. La quota a cui verrà installata la turbina è di circa 499 m s.l.m., mentre la quota di scarico del canale di restituzione delle acque turbinate è prevista a circa 496.50 m s.l.m..

Considerando le caratteristiche di funzionamento delle macchine utilizzate e le perdite di carico in condotta il salto idraulico netto che verrebbe sfruttato è di circa 53 m.

All'interno del fabbricato di centrale avverrà la trasformazione dell'energia potenziale dell'acqua in energia meccanica ed elettrica mediante una turbina Pelton ad asse orizzontale con cassa in acciaio, collegata ad un generatore di corrente elettrica. L'energia prodotta dal generatore verrà convogliata verso l'opera di presa mediante un cavedio interrato all'interno del medesimo scavo utilizzato per la posa della condotta forzata. Essa sarà infine immessa nella rete elettrica nazionale in corrispondenza del palo esistente in prossimità dell'abitato di Molino. Da qui mediante un breve elettrodotto aereo a media tensione della lunghezza di circa 200 metri si raggiungerà la rete elettrica esistente, posta in loc. Case Ciarilli. Per la realizzazione dell'elettrodotto di media tensione in cavo elicord aereo sarà necessaria la posa di due pali e lo spostamento di quello esistente in loc. Molino. Tuttavia a seguito degli interventi sulla rete esistente, la distribuzione dell'energia elettrica nelle località Molino e Case Ciarilli non avverrà più tramite un elettrodotto di bassa tensione dedicato che, di conseguenza, verrà rimosso con evidente beneficio per il paesaggio.

Tutti i quadri di controllo della turbina e delle opere elettromeccaniche saranno ubicati all'interno del fabbricato di centrale.

L'acqua turbinata verrà restituita al corso d'acqua con le medesime caratteristiche chimico fisiche possedute alle opere di presa prima della captazione.

Il progetto in esame prevede la produzione di circa 360'000 kWh/anno di energia elettrica, in grado di soddisfare mediamente i consumi energetici di circa 170 famiglie.

L'impianto proposto risulta, inoltre, perfettamente in linea con le attuali indicazioni vigenti in merito allo sviluppo e potenziamento di fonti di energie alternative rinnovabili.

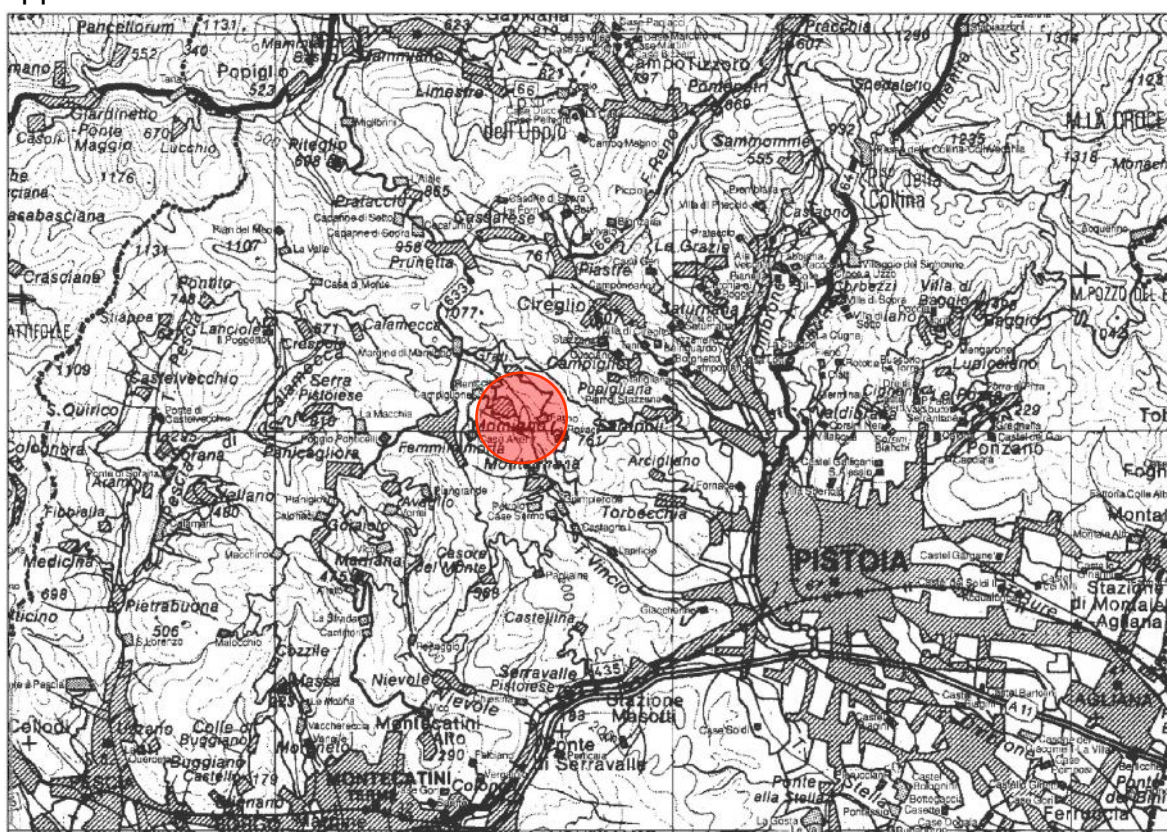
La realizzazione dell'impianto comporterebbe una notevole serie di effetti positivi sull'ambiente e sulla collettività quali:

- La mancata emissione in atmosfera di circa 152 tonnellate di anidride carbonica all'anno, necessarie per la produzione della stessa quantità di energia dell'impianto in progetto da fonti tradizionali, mediante ad esempio la combustione di circa 85 tonnellate equivalenti di petrolio;
- La fornitura di energia pulita rinnovabile ad un nucleo abitato di circa 170 famiglie.

## 2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

Il presente progetto riguarda la realizzazione di una centralina idroelettrica con captazione idraulica sul torrente Vincio di Montagnana. Tale fiume nasce nel Comune di Marliana (Provincia di Pistoia), a circa 960 metri di altitudine in località Croce di Momigno e sfocia nel torrente Ombrone Pistoiese all'altezza della località Pontelungo. L'asta principale del torrente ha una lunghezza di circa 12 chilometri.

Si prevede di localizzare l'opera di presa pochi metri a monte del ponticello carrabile sul torrente Vincio che permette di raggiungere la piccola località di Molino. Tramite una tubazione interrata di circa 375 metri di lunghezza, in parte su aree private ed in parte a bordo alveo, verranno convogliate le acqua di captazione fino al fabbricato di centrale, contenente le turbine e le apparecchiature elettromeccaniche.



**Figura 1:** localizzazione dell'area di progetto.

La valle del Vincio di Montagnana scende dal poggio Bersano, alto 1053 metri s.l.m., in direzione Sud-Ovest, fino alla pianura presso la periferia di Pistoia. A Ovest della valle del Vincio di Montagnana si trova il crinale spartiacque con il bacino idrografico della valle della Nievole; a Est, invece s'incontra il crinale spartiacque con la valle del Vincio di Brandeglio.

Il paese di Momigno si trova lievemente spostato verso Ovest rispetto al centro della testata della Valle del Vincio di Montagnana, affluente del Torrente Ombrone Pistoiese, appartenente al bacino idrografico del Fiume Arno, Valle che scende verso la pianura Pistoiese in direzione da Nord-Nord-Ovest verso Sud-Sud-Est. Momigno è collegato con strade statali o regionali con Pistoia, Montecatini Terme, Pescia e San Marcello Pistoiese. Da Momigno si dipartono, in mezzo a

castagneti da frutto, cedui di castagno ed abeti numerosi sentieri di trekking nelle direzioni più disparate: Avaglio, Casore del Monte, Femminamorta, Prunetta, Calamecca e Sarripoli.

Nei secoli passati l'economia di Momigno si basava prevalentemente sull'agricoltura, sull'allevamento del bestiame ovino, sulla silvicoltura e soprattutto sulla castanicoltura. Data la scarsa fertilità dei terreni di montagna, le produzioni agricole del passato erano rappresentate da un poco di grano, orzo o segale, da patate, dai fagioli e dalle piante foraggere. A ciò si aggiungevano le castagne che venivano fatte seccare nei i e quindi macinate nei locali molini ad acqua per ricavarne farina dolce per cucinare necci, castagnacci e polenta dolce. A Momigno sopravvivono ancora tracce di questa realtà: vi sono artigiani che ancora oggi realizzano a mano i testi in pietra per cucinare i necci (focacce a base di farina dolce) e nel paese è ancora funzionante uno dei pochi molini esistenti sulla montagna pistoiese per la macinazione delle castagne secche per produrre farina dolce.

Un'altra risorsa economica importante era rappresentata dall'allevamento, soprattutto ovino, da cui si ricavava carne, formaggio pecorino, ricotta ed in misura minore la lana; infine vi era il bestiame di bassa corte. Un discreto apporto lo davano anche i prodotti del bosco e la loro lavorazione: legna da ardere e fascine, legname da serramenti e da opera, pali di castagno. Infine, un sostegno alle famiglie veniva dalla raccolta dei funghi e dei piccoli frutti: mirtilli, more, lamponi, fragole, nonché dagli alberi da frutto.

Queste risorse hanno ormai perduto l'importanza che rivestivano nel passato, fatta eccezione per la produzione di legname e la sua lavorazione.

Nel corso del secolo scorso Momigno, come del resto tutti i paesi della montagna italiana, è stato afflitto dai fenomeni dell'emigrazione, dello spopolamento montano e dell'invecchiamento della popolazione. Sempre nel XX secolo, il clima, i paesaggi e la cucina tradizionale dei ristoranti locali hanno incoraggiato il turismo estivo, che fornisce un apporto non indifferente che ha contribuito a frenare l'esodo dei montanari verso le città della pianura. Negli ultimi anni la popolazione residente sta lievemente aumentando.

Dal punto di vista climatico la montagna pistoiese è situata in una delle zone più fredde dell'Appennino settentrionale e probabilmente la più fredda della Toscana, quindi un clima continentale con marcati influssi montani.

L'inverno dura da novembre a marzo ed è freddo e nevoso a quote superiori ai 500-600 metri. La temperatura media nel mese più freddo è di circa 0°, mentre si porta intorno a -5 °C al Passo dell'Abetone (qui non sono rari i picchi al di sotto dei -15°/-20°). I mesi più freddi sono caratterizzate da frequenti gelate e minime abbondantemente sotto lo zero; talvolta la temperatura non sale oltre 0° per tutte le 24 ore. Al contrario, l'estate è abbastanza calda nelle ore diurne (massime anche intorno ai 30°), ma le notti sono piuttosto fresche (10-15°).

Le precipitazioni sono molto elevate, raggiungendo e superando localmente i 2000 mm annui; si mantengono comunque sempre al di sopra di 1300 mm e in inverno sono frequenti e abbondanti le nevicate che investono la montagna, generalmente tra la fine novembre e la metà di marzo, ma eccezionalmente anche tra la fine di ottobre ed aprile; la caduta media di neve annuale supera il metro

intorno tra i 700 e gli 800 metri e si porta intorno ai 2 metri nei dintorni del valico dell'Abetone.

- Classificazione climatica: zona E, 2503 GG
- Classificazione sismica 2

I dati caratteristici del presente progetto sono:

#### IMPIANTO “MOLINO” – COMUNE DI MARLIANA - PROVINCIA DI PISTOIA

- Superficie del bacino imbrifero: 2.63 Km<sup>2</sup>
- Quota pelo morto di monte di 552.62 m s.l.m
- Coordinate opera di presa (SR Roma40, EPSG:3003):  
N: 4870744.30 m  
E: 1645812.83 m
- Coordinate opera di presa (SR WGS84/UTM zone 32N, EPSG:32632):  
N: 4870727.93 m  
E: 645783.04 m
- Quota pelo morto di valle di 499.62 m s.l.m.
- Coordinate centrale di produzione (SR Roma40, EPSG:3003):  
N: 4870489.10 m  
E: 1646034.62 m
- Coordinate centrale di produzione (SR WGS84/UTM zone 32N, EPSG:32632):  
N: 4870472.73 m  
E: 646004.82 m
- Salto idraulico: circa 53 m
- Portata massima derivabile: 0.190 m<sup>3</sup>/s
- Portata minima derivabile: 0.02 m<sup>3</sup>/s
- Tratto di fiume sotteso dalla derivazione: circa 350 m

#### **FONTI:**

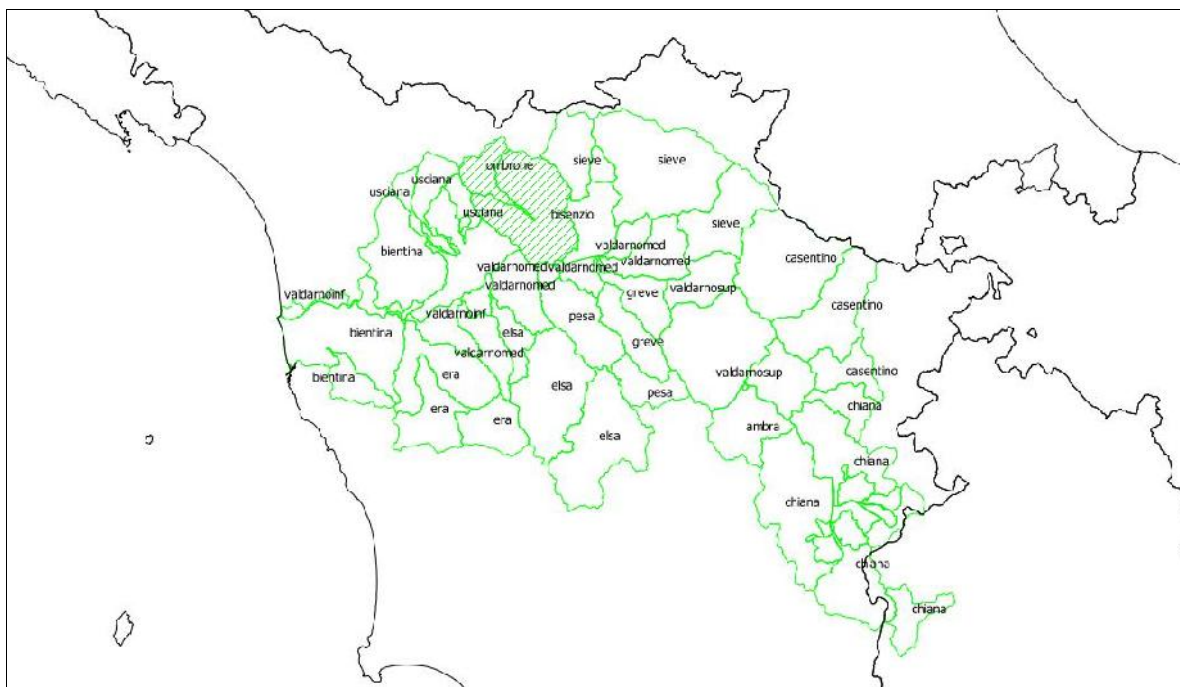
[1] Wikipedia

[2] Autorità di bacino del fiume Arno – PAI

### 3. CARATTERISTICHE DEL BACINO DEL TORRENTE VINCIO

Il torrente Vincio fa parte del bacino del fiume Ombrone, sottobacino di quello del fiume Arno. Quest'ultimo copre una vasta area delimitata ad est dalle montagne appenniniche del parco del casentino, ad ovest dal mar Tirreno alla foce del Fiume Arno, a nord dall'area del Mugello e a sud dai monti centrali dell'Umbria settentrionale. Il bacino del Fiume Arno confina a nord-ovest con il territorio del bacino del Fiume Serchio e sud-ovest con quello dell'autorità di bacino Toscana Costa. La superficie complessiva del bacino è pari a 9116 km<sup>2</sup>.

Il torrente in esame fa parte del bacino pilota del fiume Ombrone, di cui è un affluente di sponda destra in prossimità della località Pontelungo.



**Figura 2:** rappresentazione dei bacini dei principali affluenti del fiume Arno con evidenziazione del bacino del fiume Ombrone.

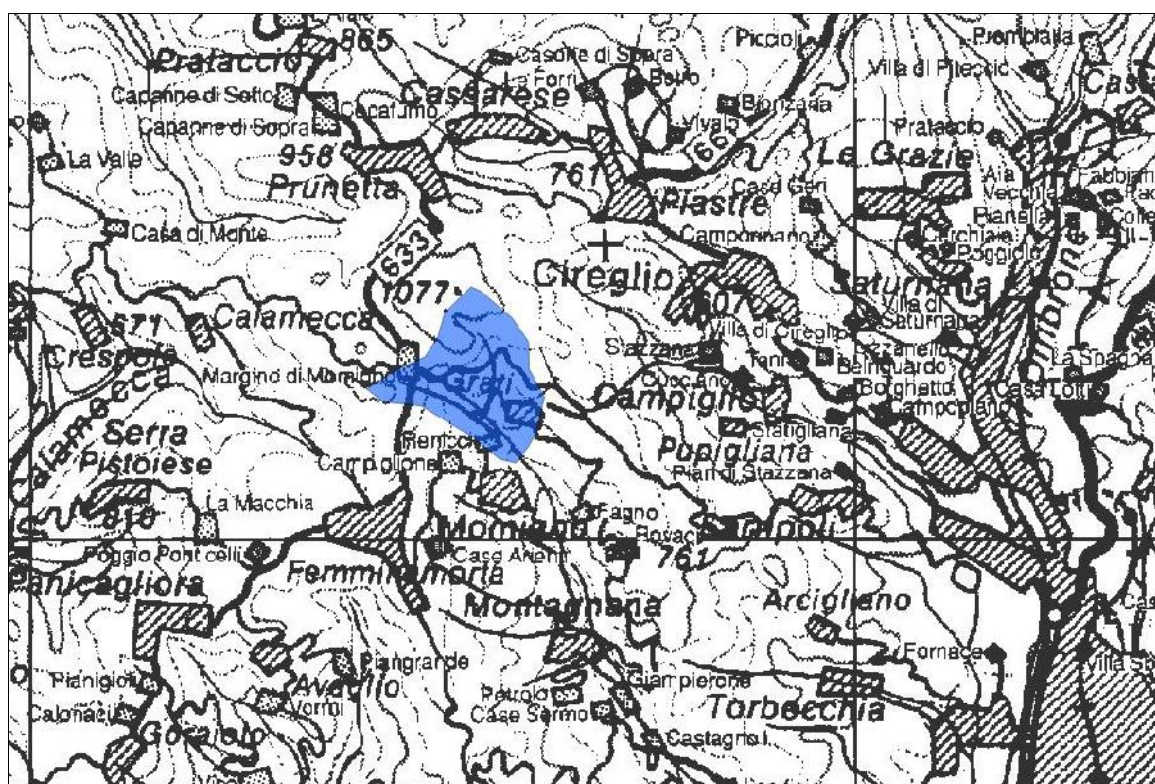
Il ricettore idrico denominato fiume Ombrone nasce sulle colline pistoiesi, presso il Poggio dei Lagoni, vicino al paese di San Mommè, bagna Pistoia, percorrendone la pianura; entra quindi nel territorio pratese, attraversa quindi Poggio a Caiano per poi gettarsi nell'Arno nei pressi della stazione di Carmignano in punto di confine tra Signa e Carmignano. Nel primo tratto ha un regime marcatamente torrentizio ma acquista le caratteristiche di un corso d'acqua a regime fluviale a monte della città di Pistoia. Passato l'abitato, riceve numerosi affluenti che ne aumentano la portata in autunno, con cui contribuisce notevolmente, assieme al Bisenzio, alle piene dell'Arno.

L'asta principale ha sviluppo di 47 km di cui 28 ricadono nella Provincia di Pistoia.

Da un punto di vista della fauna ittica il fiume Ombrone è classificato a Ciprinidi reofili sia in un tratto a monte di Pistoia che a valle, mentre sono classificati come zona a Trota inferiore i torrenti affluenti nel tratto montano.

Anche il torrente in esame è classificato a Ciprinidi reofili nel tratto più vallivo, mentre, nella zona esame, è classificato a Trota inferiore.

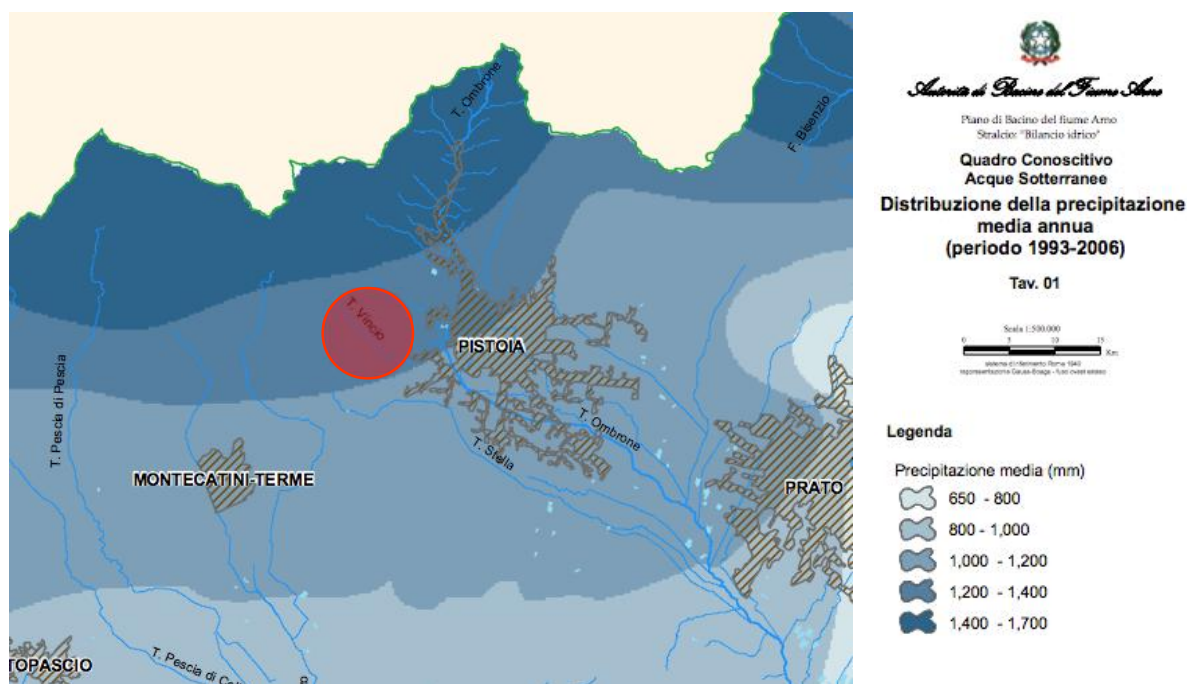
Di seguito viene riportato lo stralcio della Tav. 2 contenente il bacino imbrifero del torrente Vincio chiuso all'opera di presa in progetto.



**Figura 3:** stralcio del bacino imbrifero del torrente Vincio all'opera di presa in progetto, evidenziato in blu.

La morfologia del bacino, data la vicinanza con la catena montuosa dell'Appennino Pistoiese, permette facilmente l'intercettazione delle correnti di bassa pressione atmosferica di provenienza mediterranea ed atlantica, determinandone l'alta piovosità media annua (valori fino a 1.700 mm).

L'alta piovosità e la presenza di formazioni geologiche impermeabili rendono la zona ricca di acqua. Tale dato emerge dalla Figura 5 in cui sono evidenziati i valori di precipitazione efficace. Infatti, come si può facilmente notare, il bacino in esame ricade all'interno dei valori massimi della scala (intorno a 1143mm di pioggia efficace l'anno).



## 4. ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA DEL TORRENTE VINCIO

### 4.1. Disponibilità idriche utilizzate

Per la stima della curva di portata del torrente in esame è stata effettuata una ricerca storica sugli annali idrologici, da cui è emersa l'esistenza di una stazione di misura delle portate sul torrente Vincio di Brandeglio in località Cireglio, attiva a partire dal 1965 e fino al 1971. Tale stazione di misura è stata reputata caratteristica del torrente in esame in quanto i due bacini sono confinanti e presentano lo stesso andamento ovest-est. Tuttavia, dal momento che la durata delle misure è stata molto limitata nel tempo e che sul fiume in oggetto non sono disponibili stazioni di misura idrometrica, per lo studio idraulico delle portate naturali si è fatto riferimento anche ai dati delle stazioni idrometriche poste in bacini limitrofi e idrologicamente simili.

Sul versante sud dell'Appennino Tosco-Emiliano sono presenti diverse stazioni di misura storiche, in particolare, data la vicinanza e la similitudine fra i due bacini, l'analisi delle portate è stata effettuata a partire dai dati della stazione sul torrente Ombrone a Ponte Calcaiola, alla quota di 137 m s.l.m. disponibili per un periodo di osservazione di 12 anni, dal 1986 al 1997.

Una stima della curva di durata del torrente Vincio nella sezione di chiusura in esame è stata ottenuta proporzionando i deflussi alla stazione di Ponte Calcaiola alle differenti superfici delle aree sottese. Inoltre, per tenere conto della differenza di quota media del bacino sotteso dalla presa sul torrente Vincio rispetto a quello sotteso dalla stazione di misura sul torrente Ombrone, con evidente conseguenza di differente piovosità media sui due bacini, è stato introdotto un coefficiente di ragguaglio delle piogge  $f$  dato dal rapporto fra i due valori delle altezze medie.

La curva di portate giornaliere stimata in base alle precedenti stazioni di misura delle portate è stata successivamente confrontata e corretta sulla base delle indicazioni fornite dall'autorità di bacino del fiume Arno che, per determinate sezioni idrauliche, fornisce le relative curve di durata giornaliere.

I dati da cui si è partiti per stimare le portate giornaliere del torrente Vincio sono i seguenti:

- **Vincio a Cireglio:**

Area bacino imbrifero: 1,38 km<sup>2</sup>  
Quota della Stazione: 572 m s.l.m.  
Altitudine max: 1102 m s.l.m.  
Altitudine media: 764 m s.l.m.

giorni	Media 1965-1970 [m³/s]	1971 [m³/s]	media [m³/s]	Q unitaria [l/s/Km²]
10	0,456	0,409	4,25	319,60
30	0,183	0,128	1,83	124,59
60	0,106	0,083	1,13	73,07
91	0,058	0,062	0,82	41,67
135	0,030	0,032	0,50	21,54
182	0,017	0,011	0,31	11,48
274	0,005	0,002	0,10	3,25
355	0,001	0,001	0,03	0,71

**Tabella 1:** Portate caratteristiche del Torrente Vincio a Cireglio.

La portata media è pari a 0,065 m³/s.

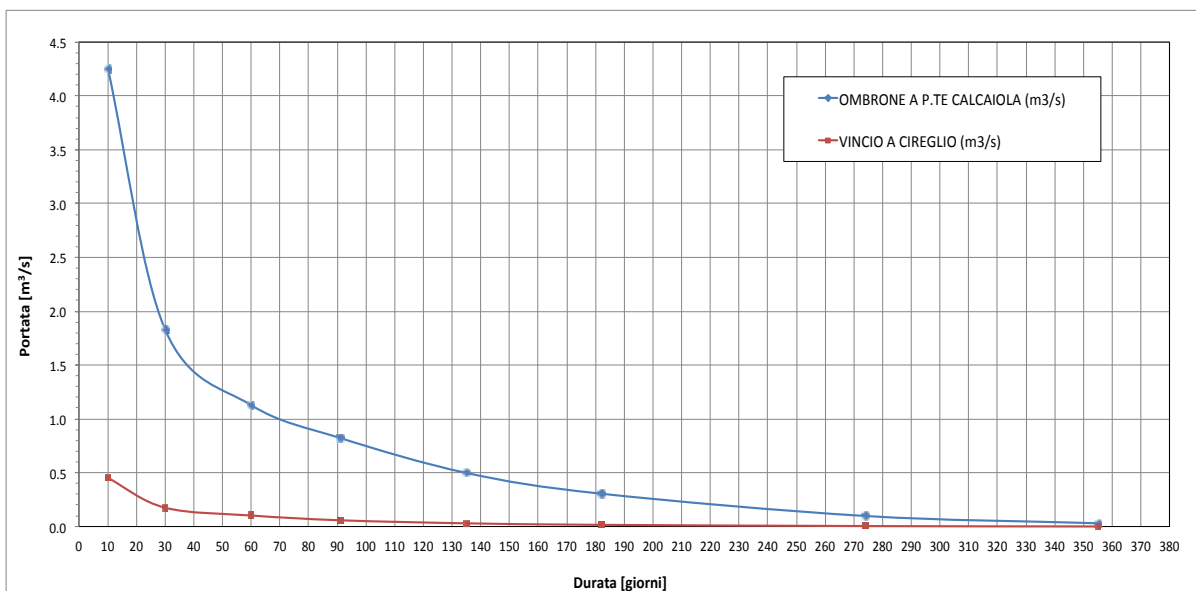
- **Ombrone a Ponte Calcaiola:**

Area bacino imbrifero: 31 km²
Quota della Stazione: 137 m s.l.m.
Altitudine max: 1106 m s.l.m.
Altitudine media: 450 m s.l.m.

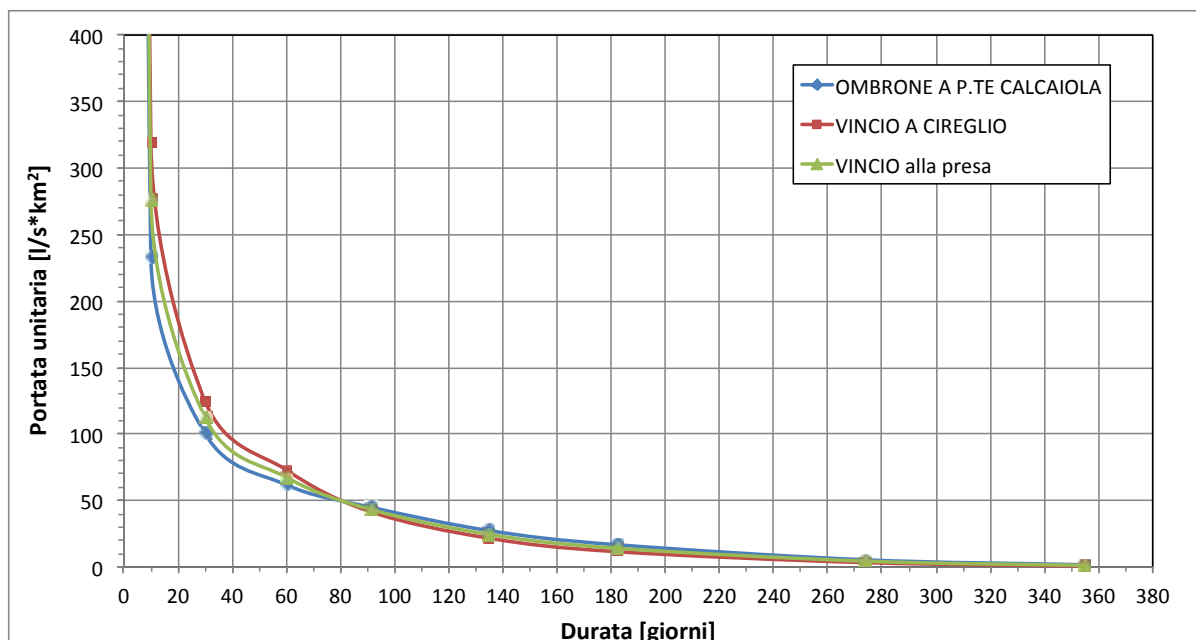
giorni	Media 1986-1996 [m³/s]	1997 [m³/s]	media [m³/s]	Q unitaria [l/s/Km²]
10	4,29	3,86	4,25	232,99
30	1,88	1,30	1,83	100,31
60	1,16	0,78	1,13	61,80
91	0,84	0,63	0,82	45,05
135	0,51	0,37	0,50	27,29
182	0,31	0,25	0,31	16,70
274	0,10	0,08	0,10	5,39
355	0,03	0,04	0,03	1,69

**Tabella 2:** Portate caratteristiche del Torrente Ombrone a Ponte Calcaiola.

La portata media è pari a 0,796 m³/s.



**Figura 6:** curve di durata per ciascuna delle stazioni di misura considerate.



**Figura 7:** curve di durata unitarie per ciascuna delle stazioni di misura considerate, corrette sulla base della differente altezza media del bacino sotteso. In verde è rappresentata la curva di durata unitaria considerata nel dimensionamento delle opere in progetto.

#### 4.2. Disponibilità idriche del torrente Vincio all'opera di presa in progetto

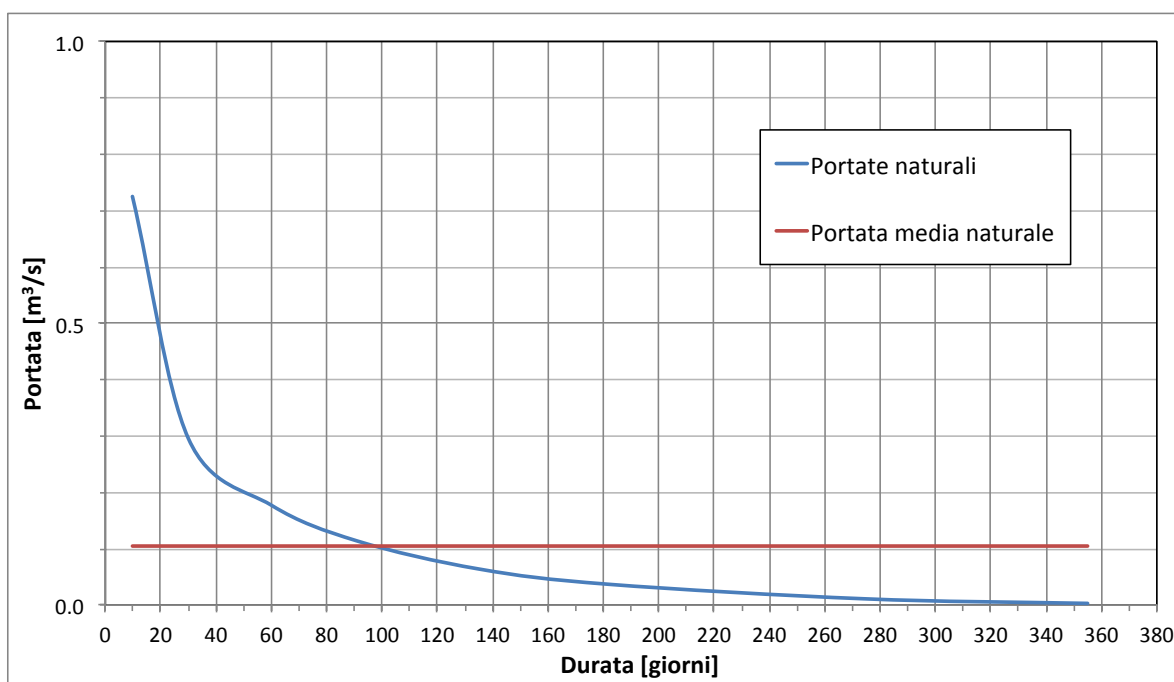
I due contributi specifici medi rilevati dalle stazioni di misura delle portate nei rispettivi periodi di riferimenti, calcolati nel paragrafo precedente, sono stati utilizzati come coefficienti di taratura per ricavare la curva di durata delle portate del torrente Vincio alla sezione di chiusura all'opera di presa.

Giorni	Q naturale [m³/s]
10	0.727
30	0.296
60	0.177
91	0.114
135	0.064
182	0.037
274	0.011
355	0.003

**Tabella 3:** Durata delle portate naturali del torrente Vincio alla sezione di chiusura.

**La portata media annua del Vincio alla sezione di chiusura è pari a 0.11 m³/s.**

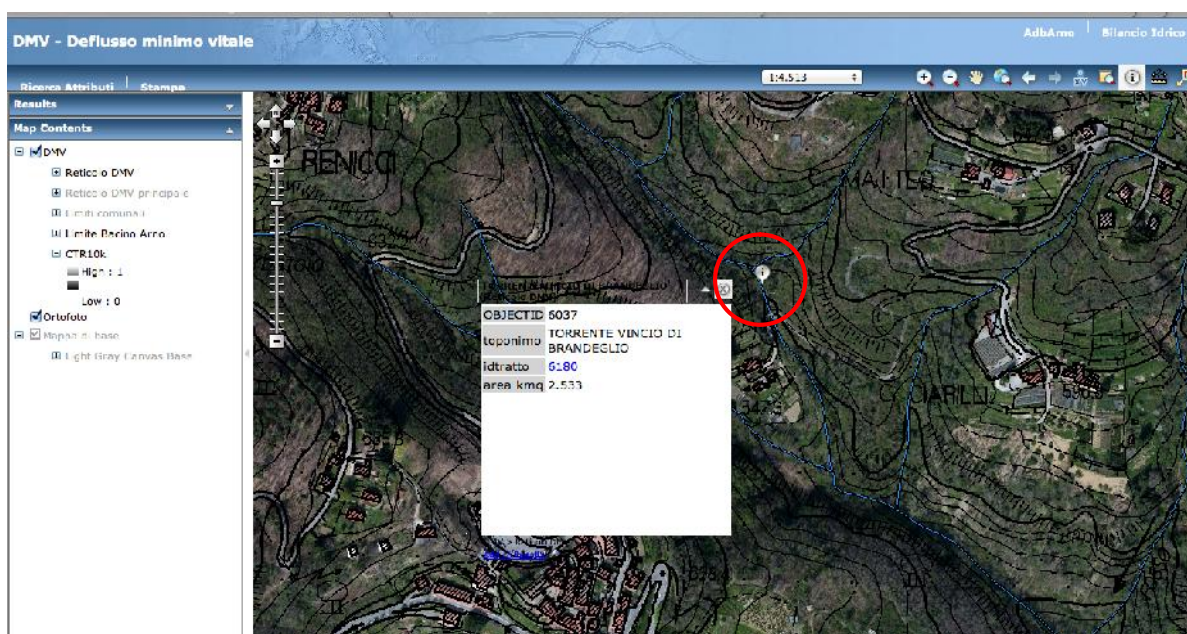
Il grafico seguente riporta la curva di durata delle portate naturali del torrente Vincio alla sezione di chiusura considerata, e la portata media annua.



**Figura 8:** curva di durata delle portate naturali del torrente Vincio all'opera di presa in progetto.

### 4.3. Calcolo del Deflusso Minimo Vitale (DMV)

La stima del Deflusso Minimo Vitale è stata effettuata secondo le indicazioni dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, la quale fornisce direttamente i valori di portata minima di cui garantire sempre il rilascio a valle dell'opera di presa. In base a quanto indicato all'interno del Progetto di Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" del Febbraio 2008, aggiornato a Dicembre 2010, il valore del Deflusso Minimo Vitale adottato è pari alla minima portata media di sette giorni consecutivi con tempo di ritorno di 2 anni ( $Q_{7,2}$ ), determinata utilizzando per tutti i corsi d'acqua naturali un metodo con variabili statistiche idrologiche. Dalla cartografia on-line presente sul sito dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, di cui sotto è riportata un'immagine, emerge che il DMV è pari a 3l/s ( $0,003\text{m}^3/\text{s}$ ).



**Figura 9:** localizzazione del punto in cui è stato calcolato il DMV sulla base delle indicazioni dell'Autorità di Bacino del fiume Arno.

Tuttavia per mitigare l'impatto dovuto alla derivazione di acqua superficiale con sottensione di un tratto di circa 300 metri di torrente, si è scelto di incrementare il valore del deflusso minimo vitale a 10 l/s. Tale valore coincide con il 10% del valore della portata media annua del torrente (valore di DMV consigliato ai sensi della normativa Francese) e risulta superiore sia alla portata naturale presente per 347 giorni all'anno (valore del DMV consigliato secondo la normativa Svizzera), che alla valore derivante dall'applicazione della normativa della Provincia Autonoma di Bolzano ( $2\text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ ).



Autorità di Bacino  
del fiume Arno

Piano di  
Bacino  
Stralcio  
"Bilancio  
Idrico"



Nome corso d'acqua: TORRENTE VINCIO DI BRANDEGLIO



16

Area [kmq] 2.53 BFI [mc/s] 28.00 Q<sub>7,10</sub> [mc/s] 0.0021 Q<sub>7,2</sub> [mc/s] 0.003

Figura 10: curva di durata delle portate e indicazione della  $Q_{7,2}$ .

#### 4.4. Portate derivabili e turbinate

Le portate derivabili all'opera di presa e quindi turbinabili al fabbricato di centrale, in assenza di derivazioni sussidiarie lungo la condotta di derivazione, sono quelle derivate all'opera di presa nel rispetto del D.M.V. imposto, e della portata massima utilizzabile dall'impianto.

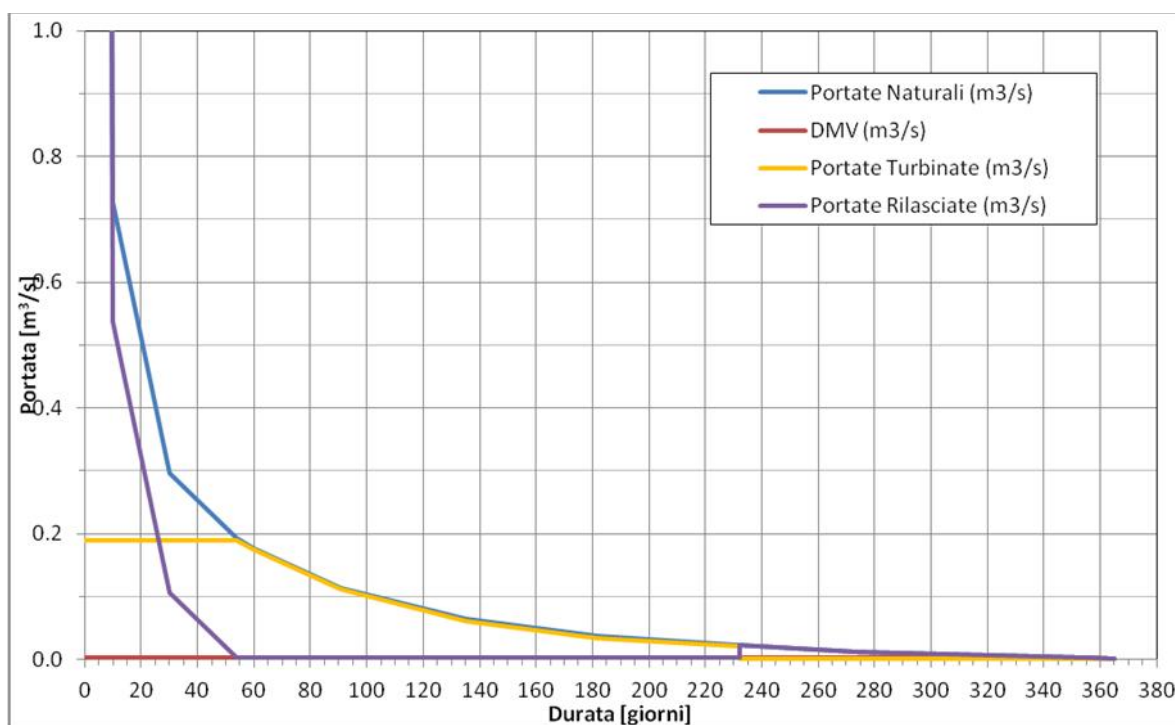
Avendo fissato la portata massima turbinabile a 190 l/s e la portata minima turbinabile a 20 l/s si ottengono i seguenti risultati:

Portata media annua naturale	110 l/s	
Portata media annua turbinata	80 l/s	72% circa
Portata media annua rilasciata	30 l/s	28% circa

Il volume annuo turbinato risulta pari a circa 2.52 milioni di metri cubi.

Da dati sopra riportati si può notare come le portate medie annue rilasciate siano quasi dieci volte superiori al DMV imposto dall'autorità di bacino competente.

Si riportano, nel grafico seguente, le portate naturali del torrente Vincio all'opera di presa, il D.M.V., le portate derivate e quelle rilasciate.



**Figura 11:** grafico di durata delle portate naturali, turbinate, rilasciate e della linea del deflusso minimo vitale.

Come si può notare dal grafico di Figura 11, si prevede di derivare una portata media (o di concessione) di 80 l/sec, a fronte di una portata massima, disponibile per circa 60 giorni/anno, di circa 190 l/s (portata massima turbinabile).

**Per portate disponibili inferiori a 20 l/sec la centrale non sarà funzionante.**

Dal grafico sopra riportato si evidenzia che l'impianto rimane fermo per circa 4 mesi all'anno, garantendo, nel periodo di maggiore criticità idrica, la permanenza delle portate naturali del fiume. Ciò in accordo anche con il parere espresso dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno che consentirà la derivazione di acqua solamente nel periodo compreso fra ottobre e maggio compresi.

#### 4.5. Regolazione delle portate all'opera di presa

Al fine di evitare qualsiasi interferenza al regolare passaggio del Deflusso Minimo Vitale modulato all'opera di presa in progetto, si prevede una soglia libera senza paratoia di regolazione.

La soglia di intercettazione è posta ad una quota inferiore a quella della soglia di captazione delle griglie, in modo che su tale differenza transiti almeno il DMV<sub>min</sub>.

La valutazione della portata defluente attraverso la soglia viene valutata considerando il deflusso come stramazzo in parete grossa secondo la formula:

$$Q = \mu L h \sqrt{2gh}$$

con:

$\mu$  = coefficiente di efflusso pari a 0.385;

$L$  = larghezza dello stramazzo;

$h$  = carico idraulico tra la quota del pelo libero della corrente e la soglia;  
 $g$  = accelerazione di gravità.

La soglia di imbocco del passaggio del Deflusso Minimo Vitale, progettata con larghezza pari a 20 cm, è stata prevista a quota 553.02 m s.l.m., 10 cm più in basso della quota della griglia di captazione, posta a 553.12 m s.l.m..

Dalla formula sopra citata si deduce che la soglia è in grado di far transitare sempre a valle almeno 10 l/s, quindi una quota maggiore rispetto a quella minima prevista dall'Autorità di Bacino competente, diminuendo ulteriormente l'impatto sul paesaggio fluviale delle opere in progetto. Inoltre, all'aumentare dei livelli nel fiume, aumenteranno di conseguenza i rilasci a valle dell'opera di presa.

## 5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le opere in progetto consistono sostanzialmente nei seguenti manufatti:

- nuova opera di captazione “ad acqua fluente” senza bacino di regolazione a monte del ponte carrabile per raggiungere la località “Molino”;
- condotta forzata costituita da una tubazione in acciaio interrata al piede della scarpata destra parte in area demaniale e parte in aree private. È previsto un unico attraversamento del torrente, immediatamente a monte della centrale di produzione, ubicata in sinistra idrografica. L'attraversamento avverrà a monte di una briglia esistente in modo da non interessare la condotta forzata da fenomeni erosivi;
- fabbricato di centrale, localizzato in prossimità della sponda sinistra, a valle di una briglia sul torrente Vincio, circa 250m in linea d'aria a valle della località “Molino”;
- elettrodotto di connessione alla rete di media tensione.

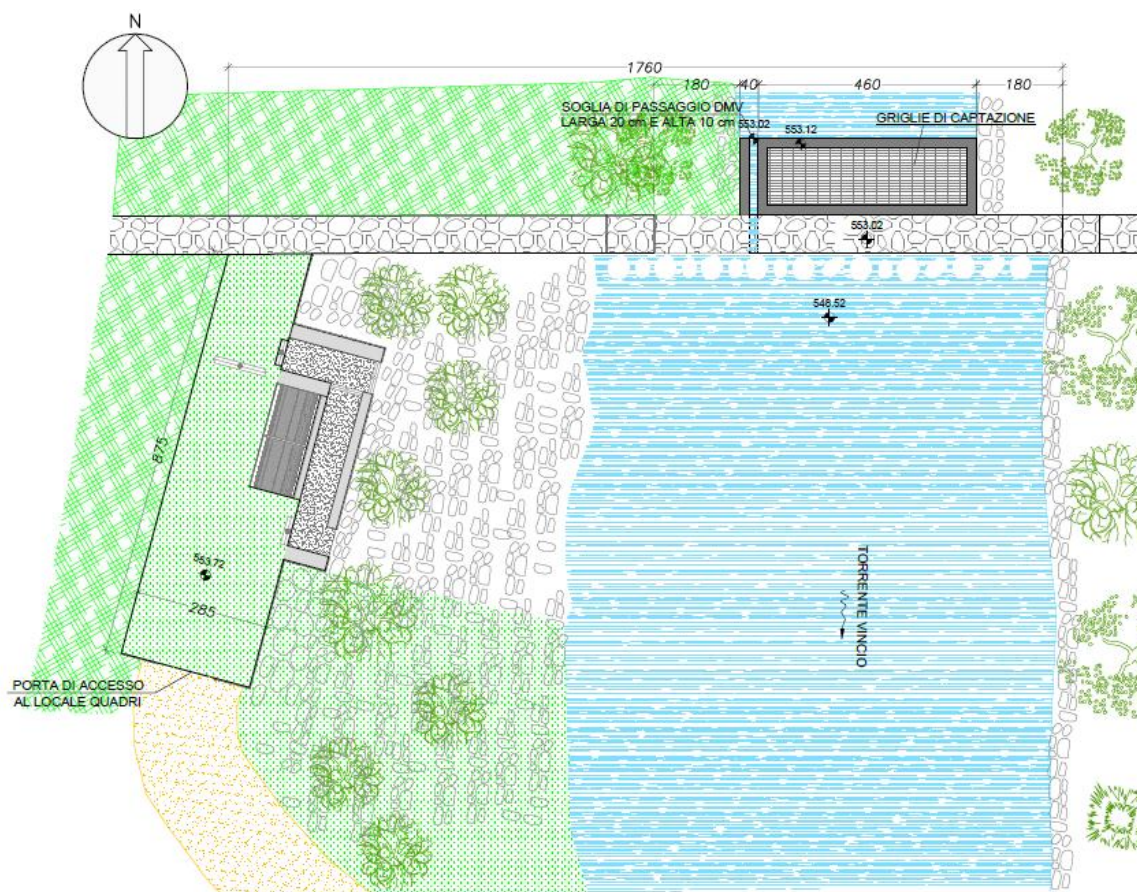
### 5.1. Opera di presa

Al fine di ridurre l'impatto idraulico ed ambientale dell'opera, la derivazione idrica in oggetto prevede la realizzazione di una presa a trappola da realizzare immediatamente a monte di una briglia esistente sul torrente Vincio.

In tale punto, alla quota di circa 553 m s.l.m., il torrente Vincio sottende un bacino imbrifero avente superficie di 2.63 km<sup>2</sup>.



**Figura 12:** Briglia sul torrente Vincio a monte del ponticello carrabile, dove si prevede di posizionare l'opera di presa della centralina idroelettrica.



20 **Figura 13:** Planimetria della presa “a trappola”, costituita da una griglia metallica, di opportune dimensioni, posizionata a monte della briglia esistente.

I particolari dell’opera di presa sono riportati nella tavola 6 di progetto “Opera di presa: planimetria, piante e sezioni”.

Per migliorare l’inserimento nell’ambiente dell’opera si è previsto di sostituire lo sgrigliatore, ovvero l’apparato elettromeccanico necessario per ripulire l’acqua derivata da foglie e biomassa galleggiante, con una griglia a coanda posta completamente all’interno del manufatto in cemento armato. Tale griglia risulta completamente autopulente riducendo quindi la necessità di intervento di tecnici in sito.

Per mascherare ulteriormente l’opera in cemento armato, ne è previsto il completo interramento ed il rivestimento delle poche parti a vista lato torrente in pietra locale. Per ridurre ulteriormente l’impatto sul paesaggio è prevista la creazione lato fiume di vasche riempite di terra, in cui si alloggeranno specie arboree e arbustive autoctone in grado di ricreare rapidamente la vegetazione riparia esistente. Anche la copertura delle vasche sarà coperta da terreno vegetale rinverdito.



**Figura 14:** Fotoinserimento dell'opera di presa in progetto.

## 5.2. Condotta forzata e perdite di carico

L'acqua captata dall'opera di presa viene convogliata nella condotta forzata, completamente interrata, che collega l'opera di presa con il fabbricato di centrale.

La condotta, della lunghezza complessiva di circa 375 m, si prevede in acciaio, di diametro 400 mm, rivestita internamente con resine epossidiche ed esternamente con guaina bitumata.

Nel primo tratto, di circa 50 metri, si prevede il posizionamento interrato della condotta a lato della strada comunale esistente, andando a ripristinare al termine delle lavorazioni il manto di asfalto danneggiato dalla posa del tubo. Nella parte rimanente di tracciato, dalla località "Molino" fino al fabbricato di centrale, di circa 335 metri, la condotta sarà interrata su aree private o demaniali in sponda idrografica destra del torrente Vincio. Alcune aree private sono attualmente sistemate con terrazzamenti e muretti a secco che, qualora dovesse risultare necessaria la loro demolizione, saranno completamente ripristinati al termine delle lavorazioni di cantiere. L'unico attraversamento del torrente avverrà subito a monte dell'ultima briglia sottesa e si rende necessario per raggiungere il fabbricato di centrale collocato in sponda sinistra.

Il diametro della condotta è determinato da due fattori: da un lato la necessità di derivare il quantitativo idrico massimo nei periodi di alta disponibilità (circa 60 giorni, coincidenti con il periodo più piovoso dell'anno) limitando le perdite di carico; dall'altro la necessità di ridurre le il costo di acquisto della condotta forzata e di facilitare le operazioni di scavo e posa della tubazione.

Le **perdita di carico** distribuite della condotta sono state calcolate con le formule di Darcy e Hazen-Williams. Si riportano i risultati nella seguente tabella:

Q <sub>max</sub>	0.190 [m <sup>3</sup> /s]
Lunghezza	375 [m]
<b>DN</b>	<b>400</b>
D <sub>i</sub>	0.394 [m]
Area	0.122 [m <sup>2</sup> ]
V <sub>max</sub>	1.56 [m/s]
Reynold	608228

K	110	<b>condotta in acciaio</b>	→	$\beta =$	0.00116
C	120	<b>rivestita</b>			

Perdita di carico (Darcy)  
1.66 [m] totale

Perdita di carico (Hazen-Williams)  
2.44 [m] totale

**Tabella 4:** Calcolo delle perdite di carico della condotta forzata in condizioni di portata massima.

Con un diametro della condotta di 400 mm si ha una perdita di carico, per attriti interni della tubazione, di 2.44 m per portate massime. Pertanto il salto geodetico disponibile di circa 53 metri, tra la vasca dell'opera di presa e le turbine nel fabbricato di centrale, si riduce a circa **50.56 metri di salto utile**.

### 5.3. Fabbricato di centrale

Il fabbricato di centrale, con relativa opera di restituzione delle portate nel torrente, è stato ubicato su sponda orografica sinistra, a valle di una briglia esistente.

L'ubicazione è stata modificata per ottemperare alla richiesta di minimizzare l'impatto dell'opera sul paesaggio circostante. Spostando il fabbricato in sponda sinistra è possibile sfruttare parte della volumetria attualmente occupata da un terrapieno esistente.

Il locale turbine è stato progettato completamente interrato all'interno del volume indicato in Figura 15, mentre sarà necessaria la costruzione di un piccolo volume fuori terra di altezza in gronda pari a circa 2 metri e di dimensioni in pianta di 3x2.3 m, per l'accesso alla scala che conduce al fabbricato interrato. Questo locale sarà realizzato con struttura in cemento armato rivestita in pietra, gli infissi e le finiture saranno in legno e la copertura sarà a doppia falda in legno con tegole in coppi. I canali ed i discendenti saranno in lamiera verniciata.



**Figura 15:** vista dell'area disponibile per la costruzione del piccolo fabbricato di centrale, a valle della briglia esistente in sinistra idrografica.

Il locale interrato contenente le turbine presenta dimensioni in pianta di 6.80 m per 5.95 m, ed altezza interna di 3.50 m nel punto più alto, a partire dalla quota di pavimentazione pari a 498.00 m s.l.m..

Strutturalmente l'edificio si prevede realizzato in cemento armato gettato in opera. Al fine di garantire un buon inserimento della struttura nel contesto rurale dell'area, si prevedono le seguenti finiture:

- tetto in legno a doppia falda con lamiera grecata di colore marrone;
- gronda e tubi pluviali in lamiera verniciata;
- rivestimento di tutte le parti a vista in pietra locale;
- infissi e portone in legno verniciato, a tipologia locale.

Internamente al locale, alla quota 498.50 m s.l.m., verrà alloggiato il gruppo turbina Pelton generatore, i quadri elettrici ed i quadri di controllo macchine.

Al di sotto della turbina si prevede una vasca di scarico di dimensioni interne pari a 5.00x3.10x1.60 metri di altezza, dalla quale si origina una breve condotta interrata di diametro 600 mm che riconduce le acque nel torrente.

Al fine di evitare fenomeni erosivi locali in alveo in prossimità dello scarico, si prevede venga realizzata in corrispondenza dello stesso una

sistemazione locale della sponda di valle e del fondo alveo del torrente con massi di grandi dimensioni.



**Figura 16:** Fotoinserimento del fabbricato di centrale in progetto.

#### **5.4. Elettrodotto di connessione alla rete elettrica nazionale**

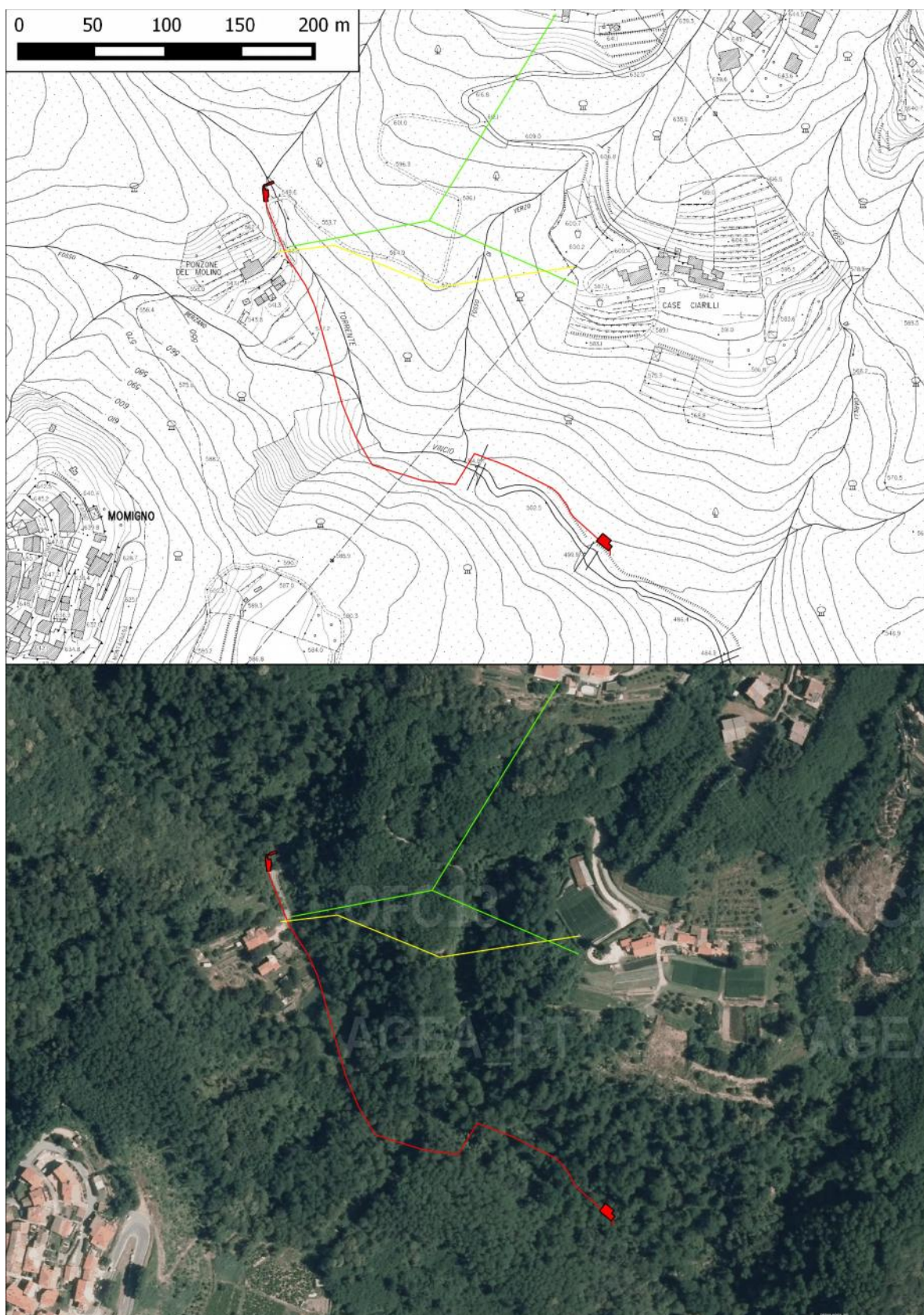
L'energia prodotta dal generatore verrà convogliata verso l'opera di presa mediante un cavedio interrato all'interno del medesimo scavo utilizzato per la posa della condotta forzata, fino alla Loc. Molino. Da quest'ultima verrà immesso direttamente in rete grazie al potenziamento della linea aerea esistente. L'attuale linea aerea di bassa tensione che alimenta le utenze presso le località Ponzzone del Molino e Case Ciarilli, con provenienza dalla località Casa Matteo, diventerà superflua in seguito alla realizzazione della nuova linea elettrica aerea BT/MT in progetto. Infatti le stesse utenze domestiche potranno essere alimentate tramite la nuova linea, peraltro molto più breve della linea attuale.

Il primo tratto della linea di media tensione (attraversamento del torrente Vincio) ricalcherà quello della linea elettrica esistente; successivamente si è scelto di proseguire parallelamente alla strada comunale del Molino in quanto essa identifica già un tracciato visibile sia sul posto che dalle foto aeree. L'unico tratto di bosco da tagliare risulterà quindi di circa 40 metri in prossimità della località Case Ciarilli.

Sia i cavi elettrici, sia i sostegni in c.a.c. o metallici della linea elettrica esistente verranno smontati, recuperati o smaltiti secondo la normativa vigente. In conclusione la nuova riorganizzazione delle linee elettriche dell'area non comporterà l'introduzione di alcun elemento antropico ma costituirà una importante ottimizzazione e riduzione dell'impatto ambientale visivo.

L'impianto sarà allacciato alla rete di Enel Distribuzione tramite nuova trasformazione MT/BT. Tale soluzione prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- Armadio stradale di derivazione di dimensioni 180x100x35cm;
- Linea in cavo sotterraneo Al 150 mm<sup>2</sup> su strada asfaltata con riempimenti in inerte naturale e ripristini, comprese canalizzazioni e giunzioni per una lunghezza di circa 10 m;
- Linea in cavo aereo Al 35 mm<sup>2</sup>, comprensiva di due sostegni e relativa fondazioni, di lunghezza 215 m;
- Nuovo punto di trasformazione su palo o cabina secondaria Microbox;
- Dispositivo di sezionamento motorizzato da palo da installare sulla linea di media tensione aerea esistente in località Case Ciarilli.



**Figura 17:** rappresentazione delle opere idrauliche in progetto (in rosso) e delle linee elettriche di bassa tensione esistenti (verde) ed in progetto (giallo). Il tracciato della linea elettrica in verde sarà interamente rimosso e sostituito da quello giallo.

## 6. CANTIERIZZAZIONE

La realizzazione dell'impianto in progetto prevede l'approntamento di quattro aree di cantiere. Due di esse avranno le caratteristiche di un cantiere mobile: realizzazione dell'elettrodotto e della condotta forzata; due quelle di un cantiere fisso: realizzazione di opera di presa e centrale.

La costruzione dell'impianto in progetto segue modalità e tecniche ormai collaudate e consolidate. La tecnica viene inoltre continuamente affinata, con l'obiettivo di aumentare la sicurezza e ottenere la minore interazione ambientale possibile. Le interferenze del cantiere con abitazioni private o attività produttive risultano praticamente nulle, in quanto l'area è boschiva, agricola o di pertinenza fluviale.

Tutto il materiale di risulta dagli scavi verrà rimpiegato in sito per i successivi rinterri e per la sistemazione dell'area allo stato di progetto, previa idonea valutazione ai sensi del D. Lgs. 152/06. Non si prevede il trasporto di materiale a discarica. Il materiale eccedente sarà temporaneamente accatastato, tra la fase di scavo ed il successivo riutilizzo, nelle aree di cantiere destinate a deposito (vedi paragrafo 6.1).

Nella seguente tabella, si riportano i volumi di scavo calcolati per le varie opere in progetto.

Opera in progetto	Volumi di scavo stimati [m³]
Opera di presa	50
Condotta forzata	570
Fabbricato di centrale	250
Elettrodotto in media tensione	20
TOTALE	890

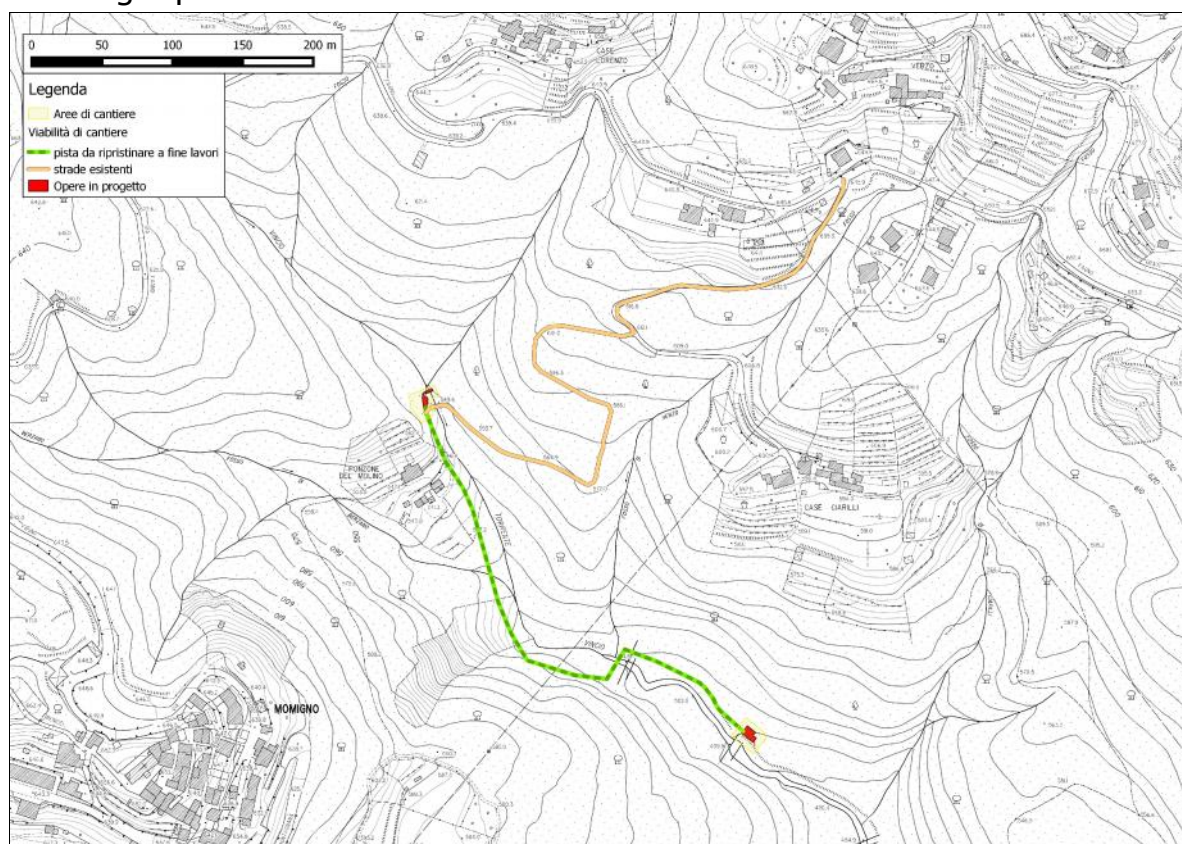
**Tabella 5:** computo dei volumi di scavo.

### 6.1. Viabilità e accessi

Per la realizzazione dell'impianto in progetto è previsto l'utilizzo in parte di strade comunali asfaltate, in parte di piste sterrate esistenti di proprietà demaniale o vicinale, di cui si riporta il tracciato nella Figura 18. La maggior parte delle piste e delle strade esistenti si trovano attualmente in buono stato di conservazione, tale da non necessitare una loro preparazione per l'utilizzo a pista di cantiere. Inoltre non è prevista la creazione di nuove strade di accesso alle aree di cantiere.

Nella Figura 18 è stata individuata in marrone chiaro la strada comunale utilizzata per l'accesso alle aree di cantiere, in verde la pista utilizzata per la posa della condotta forzata. La prima, sarà utilizzata per l'accesso degli operai con automezzi leggeri; la seconda, sarà utilizzata per il transito di tutti i mezzi necessari nella fase di cantiere per la posa della condotta forzata e la realizzazione della centrale di produzione. Tuttavia si sottolinea come le dimensioni esigue della condotta forzata ed i conseguenti ridotti scavi non richiedano l'utilizzo di mezzi pesanti.

Durante l'intera durata dei lavori, Cernal Srl provvederà a mantenere in buono stato di conservazione tali piste; mentre, al termine dei lavori, verrà effettuata una sistemazione finale tale da ripristinare interamente lo stato dei luoghi preesistente.



**Figura 18:** Viabilità di accesso al cantiere.

## 6.2. Fasi e piano di gestione dei sotto-cantieri

### 6.2.1 Cantiere opera di presa

Il cantiere di servizio necessario per la costruzione dell'opera di presa è ubicato in località Molino su un'area pianeggiante di circa 332 m<sup>2</sup>. All'interno del perimetro del cantiere sono state individuate le aree di stoccaggio temporaneo dei materiali (50 m<sup>2</sup>). Inoltre sono previste le aree per gli uffici, servizi igienici e spogliatoio. Per impedire l'accesso di estranei all'area di cantiere, essa sarà completamente recintata e dotata di segnaletica a norma di legge.

Le interferenze del cantiere con abitazioni private o attività produttive risultano pressoché nulle, in quanto l'area è totalmente di pertinenza fluviale.

I materiali di risulta derivanti dagli scavi verranno accumulati temporaneamente all'interno dell'area di cantiere, per il successivo riutilizzo prioritario nei riempimenti e nelle riprofilature del terreno circostante.

Durante gli scavi non saranno intercettate falde acquifere utilizzate a fini idropotabili. Per la realizzazione del progetto è prevista un'unica "macrofase di lavorazione", con particolari e ben individuate caratteristiche operative e di tempistica. Le varie fasi costruttive del progetto rispetteranno infatti sequenze temporali ben determinate, come indicato nel cronoprogramma di seguito riportato. Il cantiere dell'opera di presa avrà una durata più breve possibile, fissata in circa 2 mesi, in modo da limitare al massimo i tempi di interferenza con l'ambiente esterno.

Durante i lavori si eviteranno il deposito di materiali in aree allagabili, ed il contatto dell'acqua fluente con i getti di conglomerato cementizio fresco. Al termine dei lavori l'area di cantiere verrà ripulita da ogni materiale di risulta e sistemata come da progetto. L'area di progetto nei dintorni delle vasche interrate sarà risistemata con interventi di mitigazione ambientale e per la fruizione da parte del pubblico, definiti in accordo con le indicazioni degli Enti Locali interessati.

29

#### *6.2.2. Cantiere fabbricato di centrale*

Il cantiere di servizio per la realizzazione dell'edificio della centrale idroelettrica è ubicato su un'area di circa 340 m<sup>2</sup>.

Tutta l'area interessata dalle lavorazioni sarà recintata e segnalata adeguatamente da apposita segnaletica prioritariamente all'inizio dei lavori.

Le opere in progetto sono quasi interamente previste al di sotto della quota del terreno attuale e comprendono un piano interrato più il canale di scarico. L'unica opera fuori terra è costituita dal piccolo fabbricato di dimensioni in pianta metri 3.70x3.05x2.03h in gronda, necessario per accedere al locale interrato. Sarà necessario effettuare scavi di fondazione in terreni prevalentemente alluvionali. Preliminarmente all'effettuazione degli scavi sarà valutata, in accordo con la direzione lavori, la necessità di realizzare opere di sostegno provvisori.

I materiali di risulta derivanti dagli scavi verranno accumulati in area di cantiere, per il successivo riutilizzo prioritario nei riempimenti. Le varie fasi costruttive del progetto rispetteranno sequenze temporali ben determinate, come indicato nel cronoprogramma di seguito riportato. Il cantiere del fabbricato di centrale avrà una durata più breve possibile, fissata in circa 2 mesi, di cui buona parte in contemporanea con altre

lavorazioni, in modo da limitare al massimo i tempi di interferenza con l'ambiente esterno.

Anche per il cantiere della centrale di produzione durante i lavori si eviteranno il deposito di materiali in aree allagabili, ed il contatto dell'acqua fluente con i getti di conglomerato cementizio fresco.

L'area di progetto nei dintorni del locale tecnico sarà risistemata con interventi di mitigazione ambientale, in accordo con le indicazioni degli Enti amministrativi interessati.

Eventuali opere di consolidamento delle scarpate e di rinverdimento della sponda fluviale saranno effettuate mediante tecniche di ingegneria naturalistica.

### *6.2.3 Cantieri mobili*

Il tipo di cantiere scelto per la realizzazione della condotta di adduzione è del tipo "cantiere di testa", ovvero si tratta di un cantiere mobile che si sposta progressivamente con l'avanzare della posa della tubazione. Operando in questo modo, l'ingombro del cantiere sarà limitato e avrà una lunghezza massima nella direzione di avanzamento di circa 35 metri. Tutto il cantiere mobile sarà segnalato e delimitato prioritariamente all'inizio di ogni modulo di avanzamento dei lavori.

La fornitura delle tubazioni avverrà man mano che procedono le attività di posa. In questo modo verrà ridotta al minimo la necessità di aree di stoccaggio, che saranno limitate alle aree pianeggianti laterali rispetto all'opera di presa. I materiali di risulta, principalmente ghiaia, derivante dagli scavi, verranno riutilizzati per i riempimenti e i rimodellamenti morfologici, limitando al minimo i trasporti longitudinali.

Si prevede di posare tutta la condotta di lunghezza 0.375 km in circa 1 mese, di cui buona parte in contemporanea con altre lavorazioni, in modo da limitare al massimo i tempi di interferenza con l'ambiente esterno. Le opere di ripristino e di rinverdimento delle sponde fluviali saranno effettuate mediante tecniche di ingegneria naturalistica.

Il tipo di cantiere scelto per la realizzazione dell'elettrodotto consente la sua realizzazione sfruttando la fascia di 4 metri destinata alla servitù di elettrodotto. Ovvero si tratta di un cantiere mobile che si sposta progressivamente con l'avanzare della posa del cavo elettrico. Tutto il cantiere mobile sarà segnalato e delimitato prioritariamente all'inizio di ogni modulo di avanzamento dei lavori.

## **6.3. Opere civili**

Per calcolare un valore medio di movimenti giornalieri dei mezzi, e la relativa frequenza oraria, per turni di lavoro di 8 ore giornaliere si sono considerati i tempi di esecuzioni riportati nella tabella del crono programma e la quantità di materiale da trasportare.

La fornitura di calcestruzzo verrà da fuori tramite autobetoniere, in modo da non dover installare in cantiere un centro di betonaggio. Questa accortezza consente l'eliminazione di una possibile fonte di inquinamento del sito costituita da leganti idraulici e additivi chimici utilizzati nella preparazione del calcestruzzo.

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo magro (m <sup>3</sup> )	Calcestruzzo di fondazione ed elevazione (m <sup>3</sup> )	Acciaio per c.a. (ton)
20	130	19.5

**Tabella 6:** Volumi di calcestruzzi utilizzati per le opere in c.a.

La definizione degli spostamenti dei mezzi operativi per il trasporto e la movimentazione dei principali materiali da porre in opera ha portato all'elaborazione della tabella riportata qui di seguito. Nel conteggio dei movimenti totali degli automezzi, sono stati considerati:

- i movimenti dovuti al trasporto del calcestruzzo preconfezionato, considerando una capacità delle autobotti di 8m<sup>3</sup>;
- i movimenti dovuti ai trasporti dei materiali di approntamento del cantiere (e di smantellamento al termine dei lavori);
- i movimenti dovuti al trasporto dei ferri d'armatura e degli altri materiali da costruzione.

TRASPORTO CALCESTRUZZI PRECONFEZIONATI E ACCIAIO PER ARMATURA		
Esecuzione lavori (gg)	Movimenti totali (n°)	Movimenti giornalieri medi (n°/g)
80	35	2.3

**Tabella 7:** Tabella riassuntiva dei movimenti necessari per il trasporto dei calcestruzzi.

Come si può notare dalla tabella precedente, il movimento medio di autobetoniere è inferiore ad uno il giorno per l'intera durata della fase di realizzazione delle opere civili.

#### 6.4. Cronoprogramma

Il programma dei lavori è sviluppato sulla base delle principali fasi di lavoro previste dal progetto dell'opera, come descritto nelle relazioni tecniche e sulle tavole di progetto.

Si prevede una durata dei lavori di circa **4 mesi**, nei tre cantieri di lavoro previsti, in concomitanza uno con l'altro, considerando due squadre di lavoro: una per le opere edili ed una per le opere elettromeccaniche all'opera di presa ed al fabbricato di centrale. Si riportano nel seguente diagramma le diverse fasi di lavoro con le relative durate.

CANTIERE	FASE DI LAVORO	MESI			
		1	2	3	4

[illegible]

**Tabella 8:** Cronoprogramma dei lavori in progetto.

## 6.5. Considerazioni finali sulla gestione del cantiere

Relativamente al complesso del cantiere si precisa inoltre quanto segue:

- per l'acquisizione dei materiali necessari alla realizzazione delle opere in progetto non si rende necessaria l'apertura di nuove cave per l'estrazione di inerti pregiati per calcestruzzi, né per la fornitura di inerti per la formazione dei rilevati;
- grazie alla collocazione dell'impianto, durante i lavori si eviterà, il più possibile, il taglio di alberi, il deposito di materiali in aree allagabili ed il contatto dell'acqua fluente con i getti di conglomerato cementizio fresco. Al termine dei lavori l'area di cantiere verrà ripulita da ogni materiale di risulta e opportunamente ripristinata;
- l'interferenza del cantiere con abitazioni private o attività produttive risulta estremamente ridotta, non avvicinandosi mai il cantiere ad abitazioni;
- il traffico indotto dal cantiere per il transito di mezzi adibiti al trasporto dei materiali e quello delle betoniere al momento della realizzazione delle opere in c.a., nonché degli altri mezzi di cantiere incrementerebbe solo momentaneamente ed in modo molto contenuto il traffico di mezzi sulla strada comunale del Molino.

## 7. DATI DI CONCESSIONE

- **Salto legale o di concessione**

dislivello tra i due peli morti della corrente a monte e a valle del meccanismo motore

$$H = 552.62 - 499.62 = 53.00 \text{ m}$$

- **Portata massima derivabile**

la portata massima che l'impianto può derivare in relazione delle portate naturali e di quelle rilasciate

$$Q_{\max} = 190 \text{ l/s}$$

- **Portata media annua derivabile**

la portata media che l'impianto può derivare per l'intero anno in relazione delle portate naturali e di quelle rilasciate

$$Q_{\text{med}} = 80 \text{ l/s}$$

- **Potenza media nominale o di concessione dell'impianto**

la potenza teorica sviluppabile in assenza completa di perdite

$$P = Q_{\text{med}} * H * g = 42 \text{ kW}$$

- **Potenza media effettiva dell'impianto**

la potenza media sviluppabile in relazione alla portata media derivabile ed al salto effettivo

$$P = \eta * Q_{\text{med}} * H' * g = 34 \text{ kW}$$

dove:  $\eta$  = rendimento medio macchine pari a 0.85

$H'$  = salto effettivo pari a quello legale meno le perdite di carico

- **Producibilità media effettiva dell'impianto**

la producibilità media ottenibile in relazione alla portata media derivabile ed al salto effettivo

$$E = \eta * g * Q_{\text{med}} * H' * (24 * 365) = 300'040 \text{ kWh/anno}$$

- **Potenza massima teorica dell'impianto**

la potenza massima sviluppabile in relazione alla portata massima derivabile in assenza completa di perdite

$$P = Q_{\max} * H * g = 99 \text{ kW}$$

- **Potenza massima effettiva dell'impianto**

la potenza massima erogabile in relazione alla portata massima derivabile, al salto effettivo e al rendimento medio macchine

$$P = \eta * Q_{\max} * H' * g = 81 \text{ kW}$$

- **Producibilità media nominale dell'impianto**

la producibilità media ottenibile in relazione alla portata media derivabile ed al salto effettivo

$$E = g * Q_{\text{med}} * H' * (24 * 365) = 364'367 \text{ kWh/anno}$$

## 8. STIMA DEL COSTO DI COSTRUZIONE

Sulla base del confronto con opere analoghe, e di una stima sommaria dei costi di costruzione ottenuta applicando alle quantità da mettere in opera i prezzi unitari dedotti dal Prezziario Ufficiale delle Opere Pubbliche della Regione Toscana, è stata effettuata una stima del costo di realizzazione dell'impianto in progetto.

L'importo complessivo di costruzione dell'impianto è stimato in 350'000 Euro, come risulta dalla seguente ripartizione.

OPERA DI PRESA, VASCA DISSABBIATRICE E VASCA DI CARICO	80'000 Euro
CONDOTTA FORZATA	40'000 Euro
FABBRICATO DI CENTRALE	100'000 Euro
APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE	80'000 Euro
SISTEMAZIONI ESTERNE	20'000 Euro
SPESE TECNICHE E IMPREVISTI	30'000 Euro
<b>TOTALE</b>	<b>350'000 Euro</b>

**CENTRALINA IDROELETTRICA SUL TORRENTE VINCIO  
in Comune di Marliana (PT)**

**TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE  
DELL'IMPIANTO**

<b>Area bacino sotteso</b>	<b>2.63 Km<sup>2</sup></b>
<b>Portata massima derivabile</b>	<b>0.190 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Portata minima derivabile</b>	<b>0.020 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Portata media annua naturale</b>	<b>0.110 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Deflusso minimo vitale</b>	<b>0.010 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Portata media annua turbinabile (Portata di concessione)</b>	<b>0.080 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Portata media annua non turbinata</b>	<b>0.030 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Salto utile (dedotte le perdite di carico)</b>	<b>51.34 m</b>
<b>Lunghezza della condotta forzata</b>	<b>375 m</b>
<b>Diametro nominale della condotta</b>	<b>400 mm</b>
<b>Potenza massima nominale dell'impianto</b>	<b>99 kW</b>
<b>Rendimento medio (stima)</b>	<b>0.85</b>
<b>Potenza massima effettiva dell'impianto</b>	<b>81 kW</b>
<b>Potenza media nominale dell'impianto (potenza di concessione)</b>	<b>42 kW</b>
<b>Potenza media effettiva</b>	<b>34 kW</b>
<b>Funzionamento annuo</b>	<b>232 giorni</b>
<b>Fermo impianto all'anno</b>	<b>133 giorni</b>
<b>Producibilità effettiva media annua</b>	<b>300'040 kWh/anno</b>
<b>Producibilità media nominale annua</b>	<b>364'367 kWh/anno</b>

## 12 - VINCIO a CIREGLIO (Mr)

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio 1,38 km<sup>2</sup>; altitudine max 1002 m s.m.; media 764 m s.m.; zero idrometrico 45721 m s.m.; distanza dalla confluenza col Vincto di Brandeglio km 2; inizio delle osservazioni: 23 aprile 1964; inizio delle misure: 21 maggio 1964. Altezza idrometrica max m 1.14 (23 ottobre 1964); minima m 0.15 (vari 1965, 1966, 1967). Portata max m<sup>3</sup>/s 7.200 (23 ottobre 1964); minima m<sup>3</sup>/s 0.001 (vari 1965, 1966, 1969, 1970 e 1971).

PORTATE MEDIE GIORNALIERE in m <sup>3</sup> /s												
GIORNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	0.093	0.205	0.014	0.062	0.026	0.062	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.255
2	0.086	0.077	0.014	0.040	0.023	0.062	0.004	0.001	0.002	0.001	0.001	0.158
3	0.086	0.042	0.012	0.014	0.026	0.062	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.102
4	0.086	0.039	0.007	0.293	0.069	0.033	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.094
5	0.083	0.039	0.007	0.165	0.100	0.010	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.086
6	0.076	0.035	0.007	0.088	0.097	0.029	0.004	0.001	0.002	0.001	0.001	0.042
7	0.070	0.033	0.006	0.072	0.086	0.062	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.026
8	0.062	0.033	0.005	0.064	0.078	0.062	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.026
9	0.076	0.033	0.004	0.062	0.040	0.027	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.033
10	0.076	0.033	0.005	0.062	0.026	0.010	0.003	0.002	0.002	0.001	0.064	0.027
11	0.073	0.033	0.005	0.039	0.026	0.007	0.002	0.001	0.003	0.001	0.079	0.021
12	0.066	0.031	0.005	0.014	0.026	0.118	0.001	0.001	0.003	0.001	0.111	0.018
13	0.063	0.033	0.005	0.010	0.026	0.066	0.001	0.001	0.004	0.001	0.052	0.018
14	0.058	0.033	0.005	0.010	0.026	0.062	0.002	0.001	0.003	0.036	0.004	0.018
15	0.087	0.033	0.005	0.010	0.023	0.034	0.002	0.001	0.003	0.131	0.004	0.016
16	0.140	0.305	0.019	0.010	0.021	0.007	0.002	0.001	0.003	0.016	0.003	0.014
17	0.086	0.163	0.034	0.009	0.018	0.007	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.014
18	0.076	0.075	0.016	0.007	0.018	0.006	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.014
19	0.117	0.045	0.893	0.007	0.018	0.005	0.002	0.001	0.002	0.001	0.502	0.014
20	0.493	0.037	0.667	0.007	0.018	0.005	0.003	0.001	0.002	0.001	0.203	0.012
21	0.428	0.033	0.219	0.007	0.015	0.005	0.002	0.001	0.002	0.001	0.090	0.011
22	0.409	0.034	0.144	0.007	0.014	0.005	0.002	0.001	0.002	0.001	0.083	0.011
23	0.152	0.046	0.084	0.005	0.032	0.005	0.001	0.001	0.002	0.001	0.079	0.011
24	0.177	0.030	0.066	0.174	0.086	0.005	0.001	0.001	0.002	0.001	0.079	0.011
25	0.134	0.021	0.062	0.128	0.076	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.044	0.011
26	0.106	0.018	0.115	0.090	0.128	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.022	0.011
27	0.118	0.015	0.097	0.090	0.520	0.004	0.002	0.005	0.002	0.001	0.033	0.009
28	0.085	0.013	0.072	0.090	0.208	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.734	0.007
29	0.046		0.062	0.070	0.148	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.554	0.007
30	0.039		0.062	0.028	0.080	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.556	0.077
31	0.047		0.062		0.062		0.002	0.001		0.001		0.088

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 1971													
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
Q max (m <sup>3</sup> /s) .....	0.893	0.493	0.305	0.893	0.293	0.520	0.118	0.004	0.005	0.004	0.131	0.734	0.255
Q media (m <sup>3</sup> /s) .....	0.049	0.122	0.056	0.090	0.058	0.070	0.026	0.002	0.001	0.002	0.007	0.110	0.041
Q minima (m <sup>3</sup> /s) .....	0.001	0.039	0.013	0.004	0.005	0.014	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007
Q media (l/s - km <sup>2</sup> ) .....	35.5	88.4	40.6	65.2	42.0	50.7	18.8	1.4	0.7	1.4	5.1	79.7	29.7
Deflusso (mm) .....	1113.0	237.5	98.1	174.1	108.6	135.2	48.8	4.7	2.7	3.8	13.3	207.2	79.0
Affl. meteor. (mm) .....	1407.9	343.1	167.0	183.0	63.0	135.2	76.5	26.0	35.0	70.7	102.0	178.4	28.0
Coeff. di deflusso .....	0.79	0.69	0.59	0.95	1.72	1.00	-0.64	0.18	0.08	0.05	0.13	1.16	2.82
ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 1965 ÷ 1970													
Q max (m <sup>3</sup> /s) .....	2.390	1.680	1.150	2.390	0.552	0.897	0.502	0.006	0.663	0.740	0.835	2.170	1.800
Q media (m <sup>3</sup> /s) .....	0.067	0.125	0.119	0.108	0.055	0.047	0.025	0.004	0.012	0.022	0.029	0.142	0.117
Q minima (m <sup>3</sup> /s) .....	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.007	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007
Q media (l/s - km <sup>2</sup> ) .....	48.6	90.6	86.2	78.3	39.9	34.1	18.1	2.9	8.7	15.9	21.0	102.9	84.8
Deflusso (mm) .....	1526	243	210	209	104	91	47	7	23	42	56	267	227
Affl. meteor. (mm) .....	1938	224	206	195	124	119	96	33	111	165	100	346	219
Coeff. di deflusso .....	0.79	1.08	1.02	1.07	0.84	0.76	0.49	0.21	0.21	0.25	0.56	0.77	1.04

DURATA DELLE PORTATE		
Giorni	1971	1965÷1970
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
10	0.409	0.456
30	0.128	0.183
60	0.083	0.106
91	0.062	0.058
135	0.032	0.030
182	0.011	0.017
274	0.002	0.005
355	0.001	0.001

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE							
Altezza idrometrica	Portata	Altezza idrometrica	Portata	Altezza idrometrica	Portata	Altezza idrometrica	Portata
m	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>3</sup> /s
0.22	0.001	0.28	0.010	0.38	0.072	0.58	0.760
0.23	0.002	0.29	0.014	0.42	0.124	0.62	1.028
0.24	0.003	0.30	0.018	0.46	0.207	0.66	1.334
0.25	0.004	0.32	0.027	0.50	0.332	0.70	1.680
0.26	0.005	0.34	0.039	0.54	0.520	0.74	2.040
0.27	0.007	—	—	—	—	—	—

### 13 — OMBRONE PISTOIESE A PONTE DI CALCAIOLA (Mr)

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio 31 kmq; altitudine max. 1106 ms.m.; media 450 ms.m.; zero idrometrico [130.00] ms.m.; distanza dalla confluenza con il torrente Vincio di Brandeglio km 1.0 (a monte); inizio delle osservazioni dicembre 1985; inizio misure dicembre 1985. Altezza idrometrica max. m 1.89 (26 novembre 1990); minima m -0.24 (15 ottobre 1997). Portata max. mc/sec 80.90 (26 novembre 1990); minima mc/sec 0.02 (vari agosto 1987, 1990 e agosto e settembre 1994).

PORTATE MEDIE GIORNALIERE in m <sup>3</sup> /s												
GIORNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	10.70	0.76	0.66	0.40	0.40	0.37	0.15	0.13	0.04	0.05	0.05	0.28
2	4.03	0.78	0.65	0.43	0.34	0.32	0.12	0.11	0.04	0.05	0.05	0.36
3	18.30	0.76	0.69	0.41	0.34	0.22	0.12	0.12	0.04	0.05	0.04	0.71
4	14.50	0.71	0.74	0.33	0.29	0.16	0.12	0.11	0.04	0.04	0.04	0.42
5	7.96	0.83	0.64	0.28	0.28	0.33	0.12	0.12	0.04	0.04	0.05	0.33
6	4.03	1.19	0.62	0.29	0.39	0.33	0.18	0.11	0.05	0.04	0.24	0.20
7	3.86	0.84	0.58	0.34	0.39	0.27	0.14	0.08	0.04	0.04	1.46	0.13
8	2.89	0.82	0.57	0.36	0.63	0.24	0.15	0.09	0.04	0.04	0.31	0.17
9	3.38	0.82	0.50	0.31	0.60	0.20	0.13	0.05	0.04	0.04	0.42	0.19
10	2.79	0.73	0.56	0.34	0.61	0.15	0.13	0.07	0.04	0.04	0.30	0.16
11	2.17	0.72	0.64	0.30	0.52	0.13	0.11	0.07	0.04	0.04	0.72	0.16
12	1.86	0.76	0.63	0.29	0.47	0.12	0.11	0.07	0.04	0.04	0.68	0.78
13	1.58	0.70	0.61	0.29	0.58	0.14	0.11	0.06	0.04	0.04	0.41	0.36
14	1.38	0.71	0.55	0.22	0.49	0.15	0.11	0.05	0.05	0.04	0.22	0.23
15	1.24	1.60	0.48	0.26	0.47	0.20	0.14	0.05	0.04	0.04	0.13	0.22
16	1.03	1.72	0.52	0.33	0.44	0.28	0.09	0.05	0.04	0.04	0.10	0.16
17	1.06	1.30	0.57	0.27	0.34	0.21	0.10	0.05	0.04	0.04	0.10	0.30
18	0.96	1.15	0.58	0.25	0.29	0.37	0.12	0.07	0.04	0.04	0.08	0.41
19	1.23	0.92	0.81	0.22	0.30	0.74	0.12	0.05	0.04	0.04	0.11	4.51
20	6.97	0.83	0.80	0.44	0.30	0.32	0.11	0.05	0.04	0.04	0.08	10.40
21	3.48	0.81	0.65	0.34	0.30	0.24	0.10	0.05	0.04	0.04	0.08	2.51
22	2.29	0.78	0.66	0.32	0.27	0.21	0.09	0.05	0.04	0.04	0.08	1.18
23	1.84	0.79	0.62	0.26	0.25	0.18	0.10	0.05	0.04	0.04	0.43	0.77
24	1.62	0.78	2.49	0.22	0.20	0.19	0.09	0.05	0.04	0.04	0.17	0.54
25	1.33	0.76	0.82	0.27	0.21	0.17	0.24	0.06	0.04	0.04	0.10	0.46
26	1.16	0.74	0.66	0.26	0.27	0.22	0.13	0.08	0.04	0.04	0.08	3.09
27	1.12	0.74	0.53	0.57	0.29	0.20	0.09	0.06	0.04	0.04	0.10	3.57
28	1.00	0.63	0.46	0.70	0.22	0.19	0.11	0.05	0.04	0.04	0.11	1.01
29	1.02		0.40	0.56	0.17	0.19	0.14	0.04	0.04	0.04	0.32	0.68
30	0.90		0.38	0.50	0.16	0.18	0.14	0.04	0.04	0.04	0.34	0.55
31	0.80		0.40		0.16		0.12	0.04		0.05		0.73

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 1997													
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Q max (m <sup>3</sup> /s)	18.30	18.30	1.72	2.49	0.70	0.63	0.74	0.24	0.13	0.05	0.05	1.46	10.40
Q media (m <sup>3</sup> /s)	0.64	3.50	0.88	0.66	0.34	0.35	0.24	0.12	0.07	0.04	0.04	0.25	1.15
Q minima (m <sup>3</sup> /s)	0.04	0.80	0.63	0.38	0.21	0.16	0.12	0.09	0.04	0.04	0.04	0.04	0.13
Q media (l/s km <sup>2</sup> )	20.6	112.9	28.5	21.3	11.1	11.4	7.7	4.0	2.2	1.3	1.3	8.0	37.1
Deflusso (mm)	651.1	302.5	68.8	57.0	28.7	30.6	20.1	10.6	6.0	3.4	3.5	20.7	99.3
Afflusso meteorico (mm)	1476.8	270.2	85.3	76.2	74.2	67.0	133.6	64.6	70.0	21.7	34.2	295.1	284.7
Coefficiente di deflusso	0.44	1.12	0.81	0.75	0.39	0.46	0.15	0.16	0.09	0.16	0.10	0.07	0.35

ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 1986 - 1990 e 1994 - 1996													
Q max (m <sup>3</sup> /s)	33.30	26.50	22.40	5.46	13.60	6.25	6.76	0.69	2.21	2.87	11.60	33.30	28.30
Q media (m <sup>3</sup> /s)	0.81	1.32	1.60	0.82	1.56	0.67	0.35	0.15	0.09	0.14	0.30	1.27	1.49
Q minima (m <sup>3</sup> /s)	0.02	0.03	0.03	0.10	0.10	0.11	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03
Q media (l/s km <sup>2</sup> )	26.1	42.5	51.6	26.4	50.2	21.7	11.4	4.8	2.8	4.6	9.6	40.8	48.1
Deflusso (mm)	824	114	129	71	130	58	30	13	7	12	26	106	129
Afflusso meteorico (mm)	1533	168	171	74	205	95	100	51	52	123	147	194	154
Coefficiente di deflusso	0.54	0.68	0.76	0.96	0.64	0.61	0.30	0.25	0.14	0.10	0.17	0.55	0.84

DURATA DELLE PORTATE		
Giorni	1997	1986 - 1996
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
10	3.86	4.29
30	1.30	1.88
60	0.78	1.16
91	0.63	0.84
135	0.37	0.51
182	0.25	0.31
274	0.08	0.10
355	0.04	0.03

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE							
Altezza idrometrica m	Portata m <sup>3</sup> /s	Altezza idrometrica m	Portata m <sup>3</sup> /s	Altezza idrometrica m	Portata m <sup>3</sup> /s	Altezza idrometrica m	Portata m <sup>3</sup> /s
-0.26	0.03	0.10	1.11	0.50	8.79	1.30	43.80
-0.25	0.03	0.15	1.52	0.60	12.20	1.40	49.50
-0.20	0.04	0.20	2.06	0.70	15.90	1.50	55.60
-0.15	0.08	0.25	2.76	0.80	20.00	1.60	61.90
-0.10	0.20	0.30	3.62	0.90	24.10	1.70	68.70
-0.05	0.38	0.35	4.67	1.00	28.60	1.80	76.40
0.00	0.58	0.40	5.94	1.10	33.20	1.90	84.80
0.05	0.82	0.45	7.31	1.20	38.20		

per H ≥ 1.90 Q = 57.34 (H - 0.60)<sup>3/2</sup>