

REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNI DI FOGGIA E CARAPELLE



Denominazione impianto:

**BONASSISI**

Ubicazione:

**Comuni di Foggia (FG) e Carapelle (FG)**

Fogli: Carapelle 1 - Foggia 163

**Località "Bonassisi"**

Particelle: Varie

### PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da ubicare in agro dei comuni di Foggia (FG) e Carapelle (FG) in località "Bonassisi" potenza nominale pari a 12,25620 MW in DC e potenza in immissione pari a 10,21350 MW in AC e delle relative opere di connessione alla RTN ricadente nei comuni di Carapelle, Foggia e Manfredonia.

PROPONENTE

**BONASSISI DREAM ENERGY S.r.l.**



Via M. Mores n.8  
LUCERA (FG) - 71036  
P.IVA 04455800716  
PEC: [bonassisidreamenergysrl@pec.it](mailto:bonassisidreamenergysrl@pec.it)

ELABORATO

**Calcolo Preliminare sugli Impianti**

Tav n°

R\_1CPI

Scala

Aggiornamenti

Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
Rev 0	Ottobre 2023	Istanza VIA art.23 D.Lgs 152/2006 - Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/2003			

#### PROGETTAZIONE GENERALE

Arch. Damiani Marco  
Via Giuseppe di Vittorio n. 4/B  
65015 Montesilvano (PE)  
Iscritto all' Ordine degli Architetti di Pescara al n° 1858  
pec: [marco.damiani@archiworldpec.it](mailto:marco.damiani@archiworldpec.it)  
Cell: 320/8668967

Arch. Damiani Luca Francesco  
Via Giuseppe di Vittorio n. 4/B  
65015 Montesilvano (PE)  
Iscritto all' Ordine degli Architetti di Pescara al n° 1573  
pec: [lucafrancesco.damiani@archiworldpec.it](mailto:lucafrancesco.damiani@archiworldpec.it)  
Cell: 320/8668218

STUDIO DI INGEGNERIA Ing. Michele R.G. CURTOTTI  
Viale Il Giugno n. 385  
71016 San Severo (FG)  
Iscritto all' Ordine degli Ingegneri di Foggia n° 1704  
pec: [ing.curtotti@pec.it](mailto:ing.curtotti@pec.it)  
Cell:339/8220246



#### PROGETTAZIONE SPECIALISTICA

STUDIO DI INGEGNERIA Ing. Michele R.G. CURTOTTI  
Viale Il Giugno n. 385  
71016 San Severo (FG)  
Iscritto all' Ordine degli Ingegneri di Foggia n° 1704  
pec: [ing.curtotti@pec.it](mailto:ing.curtotti@pec.it)  
cell:339/8220246

Spazio riservato agli Enti



	<p style="text-align: center;">IMPIANTO AGRIVOLTAICO BONASSISI Calcolo Preliminare Impianti Elettrici</p>	<p style="text-align: right;">Settembre 2023</p>
---	---	--

## Sommario

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA .....	2
IMPIANTO DI TERRA .....	2
NORME DI RIFERIMENTO .....	3
DATI DI IMPIANTO .....	3
RETE MT- AT.....	4
PANNELLI FOTOVOLTAICI.....	4
TRASFORMATORI AT/BT.....	4
TRASFORMATORI BT/BT .....	4
CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI 36 kV .....	5
Caratteristiche elettriche .....	5
Tensione di isolamento del cavo .....	5
Temperature massime di esercizio e di corto circuito.....	5
CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE .....	5
Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno ) .....	5
PROGETTO PRELIMINARE DELL'IMPIANTO MT/AT DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA.....	9
La portata dei cavi.....	9

## PREMESSA

La Bonassisi Dream Energy S.R.L. con sede in Lucera (FG), Via M. Mores, 8 -, P.IVA 04455800716, nell'ambito dei suoi piani di sviluppo di impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, prevede la realizzazione dell'impianto agrovoltaico in oggetto, di potenza  $P = 10,21350$  MV in AC, in località "Bonassisi" nei Comuni di Foggia e Carapelle (FG).

L'impianto sarà connesso in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) a 380/150 kV denominata "Manfredonia".

Nel documento viene descritta la topologia, le scelte impiantistiche, valutate le correnti nel funzionamento ordinario e in emergenza, vengono definite le caratteristiche fondamentali di tutti i componenti dell'impianto al fine di garantire il corretto esercizio e la sicurezza dell'impianto.

## DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA

La rete 36 interna, in uscita dall'impianto di generazione da fonte solare, denominato "Impianto Agrivoltaico Bonassisi" avrà una tensione di esercizio di 36 kV.

In particolare, l'energia prodotta dal parco eolico sarà trasportata, tramite n. 2 linee di cavidotti interrati, alla tensione di 36 kV, alla cabina di consegna dell'energia elettrica la quale sarà collegata, in antenna, alla SSE di Terna.

La distribuzione interna al parco eolico avverrà alla tensione nominale di 36 kV, in cavo direttamente interrato, con schema di distribuzione radiale.

Le cabine di cambio (CT) saranno collegate alla cabina di consegna (CC) attraverso connessioni, in entra-esce, con aggregazioni fino ad un massimo di tre cabine.

La topologia di interconnessione è descritta negli allegati grafici (schema unifilare e schema a blocchi), a cui si rimanda.

L'impianto sarà inoltre dotato di impianto di supervisione e telecontrollo dei dispositivi di protezione e sezionamento.

Nello studio verrà trascurato il dimensionamento degli impianti elettrici BT in quanto saranno forniti e progettati direttamente dal costruttore dei pannelli, in accordo alle specifiche del presente documento.

Non verranno definite le caratteristiche delle apparecchiature di alta tensione nella sezione a 36 kV della stazione RTN perché già individuate e prescritte dal Gestore.

## IMPIANTO DI TERRA

La rete di trasmissione nazionale (RTN) è esercita con neutro connesso in maniera franca a terra, quindi sceglieremo di esercire la rete interna al parco a 36 kV con neutro isolato da

terra; in queste condizioni la corrente di corto circuito monofase a terra è dovuta agli accoppiamenti capacitivi: considerata la lunghezza dei cavi e le loro caratteristiche si è stimata una corrente di 100 A.

I valori ammissibili della tensione di contatto  $U_{TP}$ , dovuti a guasti a terra, sono tratti dalla Fig.4 "tensioni di contatto ammissibili  $U_{TP}$ , per correnti di durata limitata", della norma CEI EN 50522; tali valori sono stati determinati considerando quattro diversi fattori di percorso (mano sn – piedi, mano dx – piedi, mano – mano, mani – piedi) e quindi i relativi diversi valori della resistenza del corpo umano risultante.

Il valore risultante per la tensione di contatto ammissibile è la media pesata dei quattro casi.

### **NORME DI RIFERIMENTO**

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e 36 KV;
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.;
- CEI 99-3 (CEI EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo;
- CEI 20-89 - Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di 36 KV;
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.

### **DATI DI IMPIANTO**

Di seguito si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto agrivoltaico denominato "Bonassisi":

**RETE MT- AT**

• Sistema	trifase
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale	36 kV
• Corrente massima di cortocircuito per 1 sec.	$\geq 20$ kA

**PANNELLI FOTOVOLTAICI**

• Nominal Maximum Power (Pmax)	900 kW
• Optimum Operating Voltage (Vmp)	54,53 V
• Optimum Operating Current (Imp)	16,50 A
• Open Circuit Voltage (Voc)	63,74 V
• Short Circuit Current (Isc)	17,64 A

**TRASFORMATORI AT/BT**

• N. 1 TRAF0 36/0,4 kV	a due avvolgimenti Dy11
• N. 1 TRAF0 36/1 kV	a tre avvolgimenti Dy11

**TRASFORMATORI BT/BT**

• N. 1 TRAF0 0,6/0,4 kV	Dy11
-------------------------	------

## CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI 36 kV

Di seguito sono riepilogate le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento a 36 kV:

### Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

• Sistema elettrico	3 fasi - c.a.
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale	36 kV
• Tensione massima	42 kV
• Categoria sistema	B

### Tensione di isolamento del cavo

Dalla Tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento  $U_0$  corrispondente è 20.8 kV.

### Temperature massime di esercizio e di corto circuito

Dalla Tab.4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di corto circuito è di 250°C.

## CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE

### Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno )

I cavidotti a 36 kV che realizzano il collegamento tra le cabine di trasformazione (CT) e la cabina di consegna nonché il collegamento tra quest'ultima e la SSE della RTN seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo **M**, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali, corsi d'acqua e impianti a rete interrati come da prescrizioni dagli enti concessionari; in questi ultimi casi la tipologia di posa prevederà cavi unipolari in tubo interrato, modalità di posa **N**, mediante l'uso della tecnica di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

La posa verrà eseguita ad una profondità, dal piano di campagna, di ca. 1.20 m e larghezza variabile in base al numero di conduttori che dovranno esservi alloggiati.

La posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà eseguita secondo i seguenti

passaggi successivi:

- Posa strato di sabbia di 10 cm;
- Posa di cavi a trifoglio (sezione 95, 185 mmq) direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa del tegolo di protezione supplementare;
- Posa strato di sabbia di 30/40 cm;
- Posa del tubo in PEHD (diametro esterno di 63mm) per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale proveniente dagli scavi (per 60÷90cm);
- Posa del nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mmq per la messa a terra dell'impianto.

I percorsi interrati dei cavi devono essere appositamente segnalati mediante l'utilizzo di nastri monitori posati, nello scavo, a non meno di 20 cm al di sopra dei cavi (secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17:2006-07) e dovranno riportare la dicitura "*Attenzione Cavi Energia in Media Tensione*".

## PROGETTO PRELIMINARE DELL'IMPIANTO MT/AT DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA

### La portata dei cavi

Il trasporto dell'energia avviene mediante l'utilizzo di cavi interrati posati in trincea a sezione trapezoidale sul letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17.

I cavi utilizzati sono con conduttore in alluminio a corda rigida rotonda, isolati con una miscela isolante a base di polietilene reticolato, schermati per mezzo di piattine o fili di rame, la guaina protettiva è a base di polivinilcloruro; la sezione dei cavi di ciascuna linea è stata calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione di tutti gli aerogeneratori, facenti parte della linea MT, e minimizzare le perdite.

Tutti i cavi MT 30 kV sono stati dimensionati in modo da risultare verificate le seguenti relazioni:

$$1) \quad I_c \leq I_n$$

$$2) \quad \Delta V\% \leq 5\%$$

Dove:

- $I_c$  è la corrente di impiego del cavo;
- $I_n$  è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$  è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina d'impianto fino all'aerogeneratore più lontano.

La portata dei cavi, interrati ad una profondità non inferiore ad 1,2 m, con temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno stesso pari a 1,0° Cm/W, è desumibile dalla tabella 1, seguente:

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO BONASSISI Calcolo Preliminare Impianti Elettrici	Settembre 2023
---	--	----------------

### Cavo Tipo ARE4H5E 20,8/36 kV

Posa interrata		T. funzionamento		T. 90°
Sez. (mmq)	1°Cm/W In	R	X	R
	(A)	ohm/Km	ohm/Km	ohm/Km
185	321	0,211	0,1166	0,24
240	372	0,161	0,1117	0,20

Il progetto delle linee elettriche si fonda sul criterio della perdita della potenza e della caduta di tensione ammissibile.

Pertanto:

In base al numero di turbine che, secondo lo schema unifilare adottato (vedi tavola IE 09), risultano collegate a monte di ciascuna linea, viene definita una corrente massima di impianto denominata "Ic" che viene determinata utilizzando la seguente espressione:

$$I_c = \frac{P}{V \times \sqrt{3}}$$

Successivamente, si sceglie una sezione per ciascun cavo di linea e, ipotizzando un coefficiente del terreno pari a 1,0° Cm/W, viene individuata la corrispondente corrente nominale In.

Il coefficiente Kt è ricavato dai data sheet dei costruttori.

Il valore di corrente nominale così ottenuta viene corretta per mezzo dell'applicazione di un coefficiente (K) che tiene conto dell'influenza reciproca di più cavi posati nella stessa trincea; si ottiene, quindi, il valore finale di corrente nominale (In) di cavo da paragonare al valore di corrente Ic di impianto.

Per le linee posate nella medesima trincea, la distanza tra le terne assunta è 7 cm, le tabelle del costruttore prevedono i seguenti coefficienti di abbattimento della portata:

Distanza tra i cavi o terne	Numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0.84	0.74	0.67	0.60

Coefficients di derating della portata per più circuiti affiancati

Nel caso in esame, la maggior parte dello sviluppo delle linee prevede l'alloggiamento di un'unica terna di cavi MT posati in trincea (K=1); ad esempio, per i tratti di collegamento ove si avrà la compresenza di n. 2 terne di cavi, posati a trifoglio posti

nella medesima trincea, il coefficiente K è pari a 0.84.

Se il valore di corrente ( $I_n$ ) è maggiore del valore effettivo di portata ( $I_c$ ) la scelta della sezione del cavidotto risulta adeguata.

**1. I risultati delle elaborazioni, condotte secondo la metodologia su esposta, sono riepilogati in tabella 2 seguente:**

Id. CT	n° sottocampi collegati	lunghezza linea MT (ml)	Ic (A)	Sez. cavo (mmq)	n° cavi in trincea	I <sub>n</sub> (A)	Delta P (kW)
da CT1 a CT2	1	410	35,89	185	1	321	0,25
da CT2 a CT3	2	1076	71,85	185	1	321	2,59
da CT3 a CT6	3	620	103,10	185	1	321	3,07
da CT6 a CC	3	70	134,39	185	1	321	0,59
da CT4 a CT5	1	270	15,85	185	1	321	0,03
da CT5 a CC	3	60	22,53	185	1	321	0,01
da CC a SE	2	9200	164,02	240	1	372	88,79

Individuata quindi la sezione del cavidotto idonea per ciascuna linea di cui si compone l'impianto, si procede alla verifica della perdita di potenza per mezzo della seguente formula:

$$\Delta P = 3\rho \frac{LI^2}{S}$$

- $\rho$ : la resistività elettrica del conduttore (alluminio) espressa in  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;
- L: la lunghezza della linea in metri;
- I: la corrente nominale trasportata;
- S: la sezione del cavo in  $\text{mm}^2$ ;

*Cavi 36 kV di collegamento tra cabine di trasformazione (CT) e tra la cabina di consegna (CC) e la SSE di Terna*

Si riterrà che un guasto a terra verrà risolto in un tempo inferiore ad una ora e pertanto, considerato che la tensione nominale del sistema è di 36 kV si sceglieranno cavi con  $U/U_0$  pari a **20.8/36 kV**.

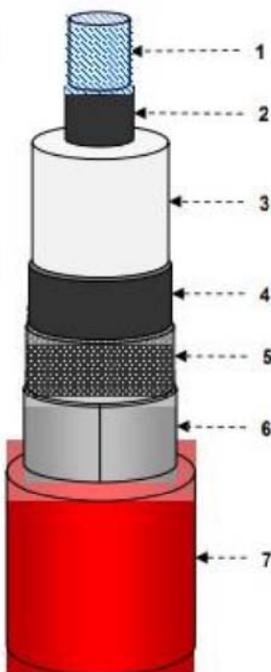
Per i cavidotti di interconnessione tra le CT, saranno utilizzati cavi idonei per posa interrata in alluminio, con isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo del conduttore in miscela semiconduttiva, schermo tipo nastro di alluminio laminato, guaina esterna in polietilene MDPE (ST7), tipo **ARE4H5E 20.8/36 kV o similari**.

La perdita di carico complessiva è pari a **95,32 kW**.



IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
BONASSISI  
Calcolo Preliminare Impianti Elettrici

Settembre 2023

		<b>ARE4H5E</b> <b>20,8/36kV</b> <b>1x... SR/0,2</b>													
<p><b>MEDIUM VOLTAGE POWER CABLES</b>  <b>SINGLE CORE CABLES WITH ALUMINIUM CONDUCTOR, REDUCED THICKNESS XLPE INSULATION, ALLUMINIUM TAPE SCREEN AND PE OUTER SHEATH, LONGITUDINAL AND RADIAL WATERTIGHTNESS</b></p>															
<p><b>APPLICATIONS</b>                  In MV energy distribution networks for voltage systems up to <b>42kV</b>.                  Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.</p>															
<p><b>FUNCTIONAL CHARACTERISTICS</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Rated voltage <math>U_0/U</math>:</td> <td style="text-align: right;"><b>20,8/36 kV</b></td> </tr> <tr> <td>Maximum voltage <math>U_m</math>:</td> <td style="text-align: right;"><b>42 kV</b></td> </tr> <tr> <td>Test voltage:</td> <td style="text-align: right;"><b>3,5 <math>U_0</math></b></td> </tr> <tr> <td>Max operating temperature of conductor:</td> <td style="text-align: right;"><b>90 °C</b></td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature:</td> <td style="text-align: right;"><b>250 °C (max duration 5 s)</b></td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature (screen):</td> <td style="text-align: right;"><b>150 °C</b></td> </tr> </table>				Rated voltage $U_0/U$ :	<b>20,8/36 kV</b>	Maximum voltage $U_m$ :	<b>42 kV</b>	Test voltage:	<b>3,5 <math>U_0</math></b>	Max operating temperature of conductor:	<b>90 °C</b>	Max short-circuit temperature:	<b>250 °C (max duration 5 s)</b>	Max short-circuit temperature (screen):	<b>150 °C</b>
Rated voltage $U_0/U$ :	<b>20,8/36 kV</b>														
Maximum voltage $U_m$ :	<b>42 kV</b>														
Test voltage:	<b>3,5 <math>U_0</math></b>														
Max operating temperature of conductor:	<b>90 °C</b>														
Max short-circuit temperature:	<b>250 °C (max duration 5 s)</b>														
Max short-circuit temperature (screen):	<b>150 °C</b>														
<p><b>CONSTRUCTION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Conductor</b> <i>stranded, compacted, round aluminium - class 2 acc. to IEC 60228</i></li> <li>2. <b>Conductor screen</b> <i>extruded semiconducting compound</i></li> <li>3. <b>Insulation</b> <i>extruded XLPE compound</i></li> <li>4. <b>Insulation screen</b> <i>extruded semiconducting compound - fully bonded</i></li> <li>5. <b>Longitudinal watertightness</b> <i>semiconducting water blocking tape</i></li> <li>6. <b>Metallic screen and radial water barrier</b> <i>aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)</i></li> <li>7. <b>Outer sheath</b> <i>extruded PE compound - colour: red</i></li> </ol>															
<p><b>INSTALLATION DATA</b></p> <p><b>Max pulling force during laying</b> 50 N/mm<sup>2</sup> (applied on the conductors)</p> <p><b>Min bending radius during laying</b> 14 D<sub>cable</sub> (dynamic condition)</p> <p><b>Min temperature during laying</b> - 25 °C (cable temperature)</p>		<p><b>STANDARDS</b></p> <p>IEC 60840 where applicable (testing)                  Nexans Design                  HD 620 where applicable (materials)</p>													
<p><b>MARKING</b> by ink-jet of the following legend:                  "MANUFACTURER &lt;Year&gt; ARE4H5E 20,8/36kV 1x&lt;S&gt; &lt;meter marking&gt;"                  &lt;Year&gt; = year of manufacturing                  &lt;S&gt; = section of the conductor</p>															
 <p>Longitudinal waterproof</p>		 <p>Radial waterproof</p>													
 <p>Max operating temp. of conductor: <b>90 °C</b></p>		 <p>Max short-circuit temperature: <b>250 °C</b></p>													
		 <p>Max short-circuit temperature screen: <b>150 °C</b></p>													
		 <p>Minimum installation temperature: <b>-25 °C</b></p>													

Nome file: R09\_Calcolo Preliminare degli impianti\_OK.docx  
Directory: C:\Users\Wind Energy Project\Documents  
Modello: C:\Users\Wind Energy  
Project\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm  
Titolo: re-art-2  
Oggetto: relazione art.2  
Autore: Studio BONA  
Parole chiave:  
Commenti:  
Data creazione: 18/07/2023 18:43:00  
Numero revisione: 46  
Data ultimo salvataggio: 02/10/2023 09:55:00  
Autore ultimo salvataggio: Curtotti  
Tempo totale modifica 138 minuti  
Data ultima stampa: 02/10/2023 09:55:00  
Come da ultima stampa completa  
Numero pagine: 11  
Numero parole: 2.244 (circa)  
Numero caratteri: 12.797 (circa)