

COMUNE DI SAN PIETRO IN CASALE

PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

IN LOCALITA' RUBIZZANO

Foglio 73 mappali 9,10,25,26,27,28,245,247,249,251

AUTORIZZAZIONE UNICA AI SENSI DEL D.Lgs.190/2024

Impianto di Energia Elettrica Prodotta da Fonti Energetiche Rinnovabili a Solare Fotovoltaico

Committente:



JUWI ENERGIE RINNOVABILI S.r.l.

VIA GIOVANNI BATTISTA PIRELLI 30 - 20124 - MILANO (MI)
C.F. 02600410217
JUWIENERGIERINNOVABILISRL@LEGALMAIL.IT

a cura di:



rigolli.com

Studio Rigolli

sustainable landscaping | projects and consulting
via Begatto 1 | 40125 Bologna Italy | +39 051232125
studio2@rigolli.com

Coordinamento generale e progettazione

Dott.Agr. Riccardo Rigolli
ODAF BO 784/A

Relazioni specialistiche

Dott.Ing. Franca Conti
tecnico competente in acustica
Ordine Ingegneri RA 964/A

Progetto definitivo impianto elettrico

Dott.Ing. Enrico Riccardi
SRC Ingegneria SRL
Ordine Ingegneri PC 1003/A

Progettazione architettonica

Collaboratori

Arch. Francesco Precetti
Ordine Architetti BO 4724

Geol. Matteo Simoni
Studio di scienze della terra
Ordine Geologi E-R 795

Progetto definitivo mitigazioni

Dott.For.Claudia Maccaferri
ODAF BO 1047/A

Titolo tavola

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE IDRAULICA

Codice

R.07.IDR.pdf

Redatto

STUDIO RIGOLLI

Data

marzo 2026

Scala

-

Revisione

REV.N.00

N. tavola

R

07

IDR

SOMMARIO

<u>1. PREMESSA</u>	2
<u>2. STATO DI FATTO DEL SITO, USO DEL SUOLO E RETI SCOLANTI</u>	3
<u>3. ASSETTO DI PROGETTO E RIPARTIZIONE DELLE SUPERFICI</u>	5
<u>4. PARAMETRI DI CALCOLO ANTE OPERAM E POST OPERAM</u>	6
4.1 CONDIZIONE ANTE OPERAM	6
4.2 CONDIZIONE POST OPERAM	7
<u>5. INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</u>	7
<u>6. CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO</u>	7
<u>7. CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO CON METODO SEMPLIFICATO</u>	8
<u>8. DIMENSIONAMENTO DELLA STROZZATURA DI SCARICO</u>	8
<u>9. VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA 2 ORE</u>	9
<u>10. VOLUME UTILE DISPONIBILE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE</u>	10
<u>11. VERIFICA FINALE DELLA CAPACITÀ DI LAMINAZIONE</u>	10
<u>12. INDICAZIONI DI RIFERIMENTO DEL CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA</u>	11
12.1 VERIFICA DELLA PORTATA MASSIMA SCARICABILE	11
12.2 VERIFICA DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE SECONDO IL CRITERIO CONSORTILE	12
12.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SUL RISPETTO DELLE INDICAZIONI BONIFICA RENANA	12
<u>13. CONCLUSIONI</u>	13

L'impostazione del presente elaborato distingue chiaramente:

- il **volume minimo teorico** risultante dal metodo semplificato;
- il **volume di invaso effettivamente richiesto** dalla verifica dell'evento meteorico di progetto;
- il **volume utile netto effettivamente disponibile** nel sistema di laminazione previsto.

Tale distinzione consente di fondare la verifica finale su un criterio tecnicamente completo e non su un solo valore teorico di prima approssimazione.

2. STATO DI FATTO DEL SITO, USO DEL SUOLO E RETI SCOLANTI

Allo stato attuale l'area è inserita in contesto agricolo e presenta caratteristiche di permeabilità diffuse, in assenza di significative superfici artificialmente impermeabilizzate.

Nella configurazione ante operam, ai fini del presente calcolo, l'intera superficie territoriale di **253.000,00 m²** viene pertanto assunta come **superficie permeabile**, con superficie impermeabile esistente, pertanto, pari a **0,00 m²** e superficie permeabile esistente pari a **253.000,00 m²**.

Il sito è caratterizzato dalla presenza di un sistema di drenaggio superficiale esistente costituito dal reticolo agrario e da un canale di scolo che attraversa l'area con andamento est-ovest, elemento idraulico già presente nella struttura morfologica e fondiaria del sito, mantenuto nel nuovo assetto di progetto quale linea di separazione tra le unità colturali e quale elemento ordinatore del deflusso superficiale. Tale assetto è coerente con quanto riportato nella relazione agronomica presentata.

La permanenza della funzione agricola post operam costituisce un elemento rilevante anche sotto il profilo idrologico, in quanto una quota molto significativa della superficie territoriale mantiene caratteristiche di permeabilità, copertura vegetale o uso agricolo attivo. Le colture previste continuano infatti a occupare parte rilevante del comparto, mentre ulteriori superfici restano destinate a prato permanente, aree di mitigazione, viabilità in terra e aree di laminazione.

Dal punto di vista gestionale ed ecologico, il progetto prevede inoltre una fascia continua interna alla recinzione, di circa **7 metri di larghezza**, mantenuta a prato permanente, con funzione di rispetto, manutenzione, mitigazione e miglioramento della qualità ecologica dell'area.

Il sistema di drenaggio superficiale esistente viene integrato dal progetto attraverso un sistema di laminazione costituito da un invaso a scarico controllato, finalizzato a trattenere temporaneamente i volumi meteorici di piena e a restituirli gradualmente al recapito finale.

Segue analisi dimensionale su rilievo a nuvola di punti da volo 01.02.2026 per verifica dello stato di fatto idraulico.



Figura 1 elaborazione del rilievo Lidar su lato ingresso



Figura 2 elaborazione del rilievo Lidar su lato collegamento esistente da canale allo Scolo RAVEDA

3. ASSETTO DI PROGETTO E RIPARTIZIONE DELLE SUPERFICI

Ai fini del calcolo idrologico-idraulico, la superficie territoriale complessiva post operam viene assunta pari a **253.000,00 m²**.

La ripartizione dell'uso del suolo ex post, sulla base del quadro superfici di progetto, è la seguente:

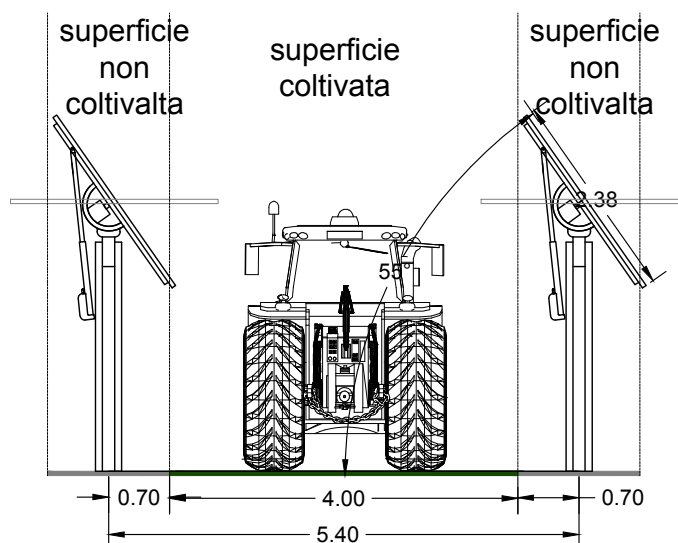
Tipologia	Superficie (m²)
SAU prato polifita	35.151
SAU medica	61.080
SAU asparago	66.637
SAU monitoraggio agronomico	2.221
area perimetrale di mitigazione	9.602
area di laminazione	12.710
percorsi carrabili in terra	6.049
canali	2.090
Trasformatori, tare, incolti e superfici residuali non coltivate sotto pannelli	57.460

Il totale complessivo risulta pari a **253.000,00 m²** e coincide con la superficie territoriale assunta nella verifica.

Nel presente elaborato è necessario distinguere tra:

- classificazione agronomico-funzionale delle superfici;
- classificazione convenzionale delle superfici ai fini del coefficiente di deflusso;
- classificazione delle superfici ai fini degli indici di trasformazione dell'area.

Non tutte le superfici non coltivate, infatti, sono fisicamente impermeabili; tuttavia, ai fini del calcolo idrologico-idraulico semplificato, può essere adottato un criterio prudenziale di assimilazione, purché esplicitato in relazione e utilizzato in modo coerente.



Nel caso in esame si assume pertanto, **in via cautelativa**, una quota di **45.970,00 m²** di cui 88 mq. riferite alla superficie occupata dai trasformatori e la restante quale superficie **idrologicamente assimilata a impermeabile**, in quanto riferita a superfici non coltivate sottese ai pannelli al fine di non sottostimare il deflusso meteorico post operam.

Si evidenzia espressamente che tale classificazione ha carattere **prudenziale** e non equivale ad affermare che tutte le suddette superfici siano materialmente sigillate.

Restano invece escluse dalla superficie impermeabile:

- i **percorsi carrabili in terra**, in quanto privi di pavimentazioni, stabilizzazioni artificiali o rivestimenti impermeabilizzanti e pertanto considerati permeabili sotto il profilo idrologico;
- i **canali esistenti a cielo aperto**, che non vengono assimilati a superfici impermeabili artificiali;
- la **vasca di laminazione** e le altre superfici in terra o a verde.

4. PARAMETRI DI CALCOLO ANTE OPERAM E POST OPERAM

Sulla base del criterio sopra descritto, il calcolo viene assunto come segue.

4.1 Condizione ante operam

- superficie impermeabile esistente = **0,00 m²**
- superficie permeabile esistente = **253.000,00 m²**
- **Imp° = 0,00**

- **Per° = 1,00**

4.2 Condizione post operam

- superficie impermeabile di progetto = **45.970,00 m²**
- superficie permeabile di progetto = **207.030,00 m²**
- **Imp = 0,18**
- **Per = 0,82**

La somma tra quota impermeabile e quota permeabile risulta correttamente pari a 1,00 sia nella configurazione ante operam sia nella configurazione post operam.

5. INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA

Ai fini degli indici di trasformazione dell'area, vengono assunti i seguenti valori:

- superficie trasformata/livellata = **45.970,00 m²**
- superficie agricola inalterata = **207.030,00 m²**
- **I = 0,18**
- **P = 0,82**

Anche in questo caso, la somma tra i due indici risulta pari a 1,00.

L'assunzione di una superficie trasformata pari a **45.970,00 m²** è coerente con l'impostazione prudenziale adottata nella classificazione idrologica delle superfici e determina un dimensionamento della laminazione a favore di sicurezza.

6. CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso ante operam viene determinato mediante la relazione:

$$f^{\circ} = 0,9 \times \text{Imp}^{\circ} + 0,2 \times \text{Per}^{\circ}$$

Sostituendo i valori assunti:

$$f^{\circ} = 0,9 \times 0,00 + 0,2 \times 1,00 = 0,20$$

Il coefficiente di deflusso ante operam risulta pertanto pari a:

$$f^{\circ} = 0,20$$

Il coefficiente di deflusso post operam viene invece determinato come segue:

$$f = 0,9 \times \text{Imp} + 0,2 \times \text{Per}$$

Sostituendo i valori di progetto:

$$f = 0,9 \times 0,18 + 0,2 \times 0,82 = 0,33$$

Il coefficiente di deflusso post operam risulta pertanto pari a:

$$f = 0,33$$

7. CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO CON METODO SEMPLIFICATO

Applicando il metodo semplificato previsto per la determinazione del volume minimo di invaso ai fini dell'invarianza idraulica, con i parametri sopra determinati, si ottiene il seguente volume unitario:

$$w = 85,20 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Applicando detto valore alla superficie fondiaria complessiva pari a **25,30 ha**, il volume minimo di laminazione risulta pari a:

$$W = 85,20 \times 25,30 = 2.155,66 \text{ m}^3$$

Il valore di **2.155,66 m³** costituisce il volume minimo risultante dall'applicazione della formula semplificata e rappresenta il primo parametro di riferimento per il dimensionamento dell'invaso.

Tale valore, tuttavia, non esaurisce la verifica idraulica complessiva, in quanto deve essere confrontato con il volume richiesto dalla simulazione dell'evento meteorico di progetto, tenendo conto anche della portata effettivamente scaricabile attraverso la strozzatura adottata.

8. DIMENSIONAMENTO DELLA STROZZATURA DI SCARICO

La portata ammissibile teorica al ricettore viene determinata ed è pari a:

$$Q_{amm} = 253,00 \text{ l/s}$$

Tale valore rappresenta la portata massima teoricamente compatibile con il recapito finale in funzione della superficie afferente.

Il sistema di scarico previsto in progetto è tuttavia regolato mediante una condotta di diametro inferiore a quello massimo teorico, in modo da garantire uno scarico controllato e compatibile con la funzione di laminazione del bacino.

I valori di progetto assunti risultano i seguenti:

- battente massimo sopra l'asse della strozzatura: **h = 0,60 m**
- diametro massimo teorico compatibile con la portata ammissibile: **DN max = 395,57 mm**
- diametro della condotta: **DN 160 mm**
- portata uscente corrispondente alla condotta: **Qu = 41,41 l/s**

Il valore di battente pari a **0,60 m** deve intendersi come differenza tra il massimo livello idrico di invaso e la quota dell'asse della condotta di scarico strozzata, e dovrà risultare coerente con le quote altimetriche di progetto riportate negli elaborati planimetrici e sezionali.

La scelta di mantenere una **condotta DN 160 mm** appare tecnicamente più equilibrata rispetto a diametri inferiori, in quanto:

- mantiene la portata scaricata ampiamente al di sotto della portata massima ammissibile al ricettore;
- riduce il volume di accumulo richiesto durante l'evento di pioggia;
- migliora la funzionalità idraulica e manutentiva del sistema di scarico.

9. VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA 2 ORE

Per la verifica della capacità della vasca di laminazione viene considerato un evento meteorico con le seguenti caratteristiche:

- **tempo di ritorno TR = 30 anni**
 - **parametro di zona a = 51**
 - **parametro di zona n = 0,29**
- **durata della pioggia tp = 2,00 ore**

Assumendo il coefficiente di deflusso post operam pari a **0,33**, l'altezza di pioggia per durata **2 ore** risulta pari a:

$$h = 62,35 \text{ mm}$$

Il volume totale di pioggia incidente sull'area risulta quindi pari a:

$$V_p = 15.775,73 \text{ m}^3$$

Applicando il coefficiente di deflusso post operam, il volume effluente verso il sistema di invaso risulta pari a:

$$V_e = 5.161,66 \text{ m}^3$$

Assumendo una portata scaricata regolata pari a **41,41 l/s**, il volume scaricabile nel ricettore durante le due ore dell'evento risulta pari a:

$$V_u = 298,14 \text{ m}^3$$

Ne consegue che il volume da laminare richiesto dall'evento di progetto risulta pari a:

$$V_e - V_u = 4.863,52 \text{ m}^3$$

Tale valore risulta superiore al volume minimo da formula semplificata pari a **2.155,66 m³** e costituisce pertanto il volume finale da assumere ai fini del dimensionamento idraulico dell'opera.

Si assume quindi:

$$V_{\text{finale}} = 4.863,52 \text{ m}^3$$

10. VOLUME UTILE DISPONIBILE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un bacino temporaneo di raccolta meteorica (vasca di laminazione) con sviluppo planimetrico interno pari a circa 12.710,00 m², inserito nel sistema complessivo di raccolta, regimazione e laminazione delle acque meteoriche.

Il volume utile netto effettivamente disponibile non viene assunto in via approssimativa, ma deriva dal calcolo geometrico basato sulle quote di progetto, sulle sezioni trasversali e longitudinali dell'invaso, sulla profondità utile, sulla conformazione delle scarpate e sulla morfologia complessiva del bacino.

Il volume utile netto disponibile risulta pari a:

$$W_{\text{utile}} = 5.875,00 \text{ m}^3$$

Tale valore rappresenta il volume utile effettivamente invasabile e costituisce il corretto termine di confronto con il volume richiesto dalla verifica idrologico-idraulica.

11. VERIFICA FINALE DELLA CAPACITÀ DI LAMINAZIONE

Il confronto tra volume richiesto e volume disponibile risulta il seguente:

- volume richiesto dalla verifica evento: **4.863,52 m³**
- volume utile netto disponibile: **5.875,00 m³**

Il margine disponibile risulta quindi pari a:

$$5.875,00 - 4.863,52 = 1.011,48 \text{ m}^3$$

Il sistema di laminazione previsto risulta pertanto dotato di un volume utile netto superiore al volume richiesto dalla verifica.

Ne consegue che il bacino di progetto è in grado di contenere il volume meteorico eccedente la capacità di scarico durante l'evento di progetto, consentendone il successivo rilascio controllato al ricettore.

La verifica idraulica può quindi essere considerata positivamente superata.

12. INDICAZIONI DI RIFERIMENTO DEL CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA

Per gli interventi afferenti al reticolo di bonifica del comprensorio della **Bonifica Renana**, i pareri e gli atti istruttori consortili richiamano, quale criterio di riferimento derivante dall'art. 20 del PSAI, la necessità di prevedere sistemi di raccolta dedicati alla laminazione con **volumi pari ad almeno 500 m³ per ettaro di superficie trasformata** e accorgimenti tecnici tali da vincolare la **portata scaricabile nei canali di bonifica a un valore massimo di 10 l/s per ettaro afferente allo scarico**. Gli stessi atti precisano inoltre che, nel conteggio del volume complessivo dei sistemi di raccolta, possono essere escluse le superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto che non scolino nel sistema di smaltimento e le superfici destinate alla realizzazione di sistemi di raccolta a cielo aperto.

Gli atti consortili ricordano altresì che il Consorzio si esprime quale autorità idraulica competente per opere o interventi interferenti con le fasce di tutela dei canali consortili, richiamando il proprio regolamento di polizia idraulica e la fascia di tutela di **10 m dal ciglio del canale o dal piede dell'argine**, ove applicabile al caso concreto.

Ai fini della presente relazione, i criteri sopra richiamati vengono verificati come segue.

12.1 Verifica della portata massima scaricabile

Assumendo come superficie afferente allo scarico l'intera superficie territoriale di progetto pari a **25,30 ha**, la portata massima scaricabile secondo il criterio consortile di **10 l/s per ettaro afferente allo scarico** risulta pari a:

$$QBR,max = 25,30 \times 10 = 253,00 \text{ l/s}$$

La portata effettivamente adottata in progetto, mediante condotta **DN 160 mm**, risulta pari a:

$$Qu = 41,41 \text{ l/s}$$

Ne consegue che:

$$41,41 \text{ l/s} < 253,00 \text{ l/s}$$

e pertanto il progetto rispetta ampiamente il limite di portata massima scaricabile assunto in coerenza con il criterio consortile.

12.2 Verifica del volume minimo di laminazione secondo il criterio consortile

Assumendo, in coerenza con l'art. 20 PSAI richiamato nei pareri consortili, la **superficie impermeabile** pari a **45.970,00 m²**, corrispondente a **4,597 ha**, il volume minimo richiesto dal criterio di **500 m³/ha** risulta pari a:

$$VBR,min = 4,597 \times 500 = 2.298,50 \text{ m}^3$$

Il volume utile netto disponibile nel sistema di laminazione previsto in progetto è pari a:

$$V_{\text{utile}} = 5.875,00 \text{ m}^3$$

Ne consegue che:

$$5.875,00 \text{ m}^3 > 2.298,50 \text{ m}^3$$

con un margine positivo pari a:

$$5.875,00 - 2.298,50 = 3.576,50 \text{ m}^3$$

Il progetto risulta pertanto conforme anche al criterio consortile relativo al volume minimo di laminazione, assumendo quale base di calcolo la superficie trasformata, come indicato negli atti richiamati.

12.3 Considerazioni conclusive sul rispetto delle indicazioni Bonifica Renana

Alla luce delle verifiche sopra esposte, il progetto risulta conforme ai parametri di riferimento usualmente richiamati dal Consorzio della Bonifica Renana, in quanto:

- la **portata scaricata di progetto** è largamente inferiore al limite di **10 l/s per ettaro afferente allo scarico**;
- il **volume utile netto disponibile** è largamente superiore al minimo richiesto di **500 m³ per ettaro di superficie trasformata**;
- il **volume richiesto dalla verifica evento TR 30 anni – 2 ore**, pari a **4.863,52 m³**, è a sua volta interamente contenuto nel volume utile netto disponibile pari a **5.875,00 m³**.

Ne deriva che il progetto non solo rispetta i criteri minimi consortili di riferimento, ma risulta anche verificato rispetto ad una condizione più restrittiva derivante dalla simulazione dell'evento meteorico di progetto.

13. CONCLUSIONI

Sulla base dei criteri di calcolo adottati, delle assunzioni prudenziali effettuate nella classificazione idrologica delle superfici post operam, della verifica della portata scaricabile e del confronto finale tra volume richiesto e volume disponibile, l'intervento in esame presenta le seguenti caratteristiche fondamentali.

Nella configurazione ante operam, l'intera superficie territoriale di **253.000,00 m²** è stata assunta come permeabile, con coefficiente di deflusso pari a **$f^o = 0,20$** , coerentemente con la natura agricola del comparto.

Nella configurazione post operam, è stata assunta in via cautelativa una quota di **45.970,00 m²** quale superficie idrologicamente assimilata a impermeabile, ottenendo un coefficiente di deflusso pari a

$$f = 0,33.$$

Il volume minimo di invaso risultante dal metodo semplificato è pari a:

$$W = 2.155,66 \text{ m}^3$$

La successiva verifica volumetrica relativa all'evento di pioggia con **tempo di ritorno pari a 30 anni** e **durata pari a 2 ore** ha evidenziato un volume da laminare, al netto dello scarico consentito durante l'evento, pari a:

$$W_{\text{finale}} = 4.863,52 \text{ m}^3$$

Il sistema di scarico è regolato mediante condotta **DN 160 mm**, con battente massimo di progetto pari a **0,60 m** sopra l'asse della strozzatura e con portata uscente corrispondente pari a **41,41 l/s**, valore ampiamente compatibile con la portata massima teorica ammissibile al recapito.

Il volume utile netto effettivamente disponibile nel bacino di laminazione, determinato sulla base della geometria di progetto, risulta pari a:

$$V_{\text{utile}} = 5.875,00 \text{ m}^3$$

Poiché tale valore è superiore sia:

- al volume richiesto dalla verifica dell'evento di progetto;
- sia al volume minimo risultante dal metodo semplificato;
- sia al volume minimo desumibile dal criterio consortile di **500 m³/ha di superficie trasformata**;

si può concludere che il sistema di laminazione previsto risulta idoneo a garantire la gestione controllata delle acque meteoriche e il rispetto del principio di invarianza idraulica dell'intervento. Il criterio di portata massima scaricabile di **10 l/s/ha afferente allo scarico**, usualmente richiamato dalla Bonifica Renana, risulta parimenti rispettato.

La soluzione progettuale adottata, unitamente al mantenimento di ampie superfici agricole e permeabili, alla conservazione del canale di scolo esistente, alla presenza di percorsi interni in terra non pavimentata e alla realizzazione di un invaso di laminazione dotato di capacità utile superiore al fabbisogno richiesto, consente di contenere il ruscellamento superficiale e di assicurare una corretta compatibilità idraulica dell'intervento nel contesto territoriale di inserimento.

In conclusione, alla luce delle verifiche svolte, il progetto può ritenersi **conforme al principio di invarianza idraulica e coerente con i parametri di riferimento richiamati dal Consorzio della Bonifica Renana**, fermo restando che l'assetto definitivo delle quote, del recapito e delle eventuali interferenze con canali consortili dovrà essere mantenuto coerente con gli elaborati progettuali e con le eventuali prescrizioni puntuali che potranno essere impartite in sede autorizzativa.