

## **ARTICOLO DI PUNTOSICURO**

**Anno 19 - numero 3971 di giovedì 16 marzo 2017**

# **Scelte progettuali ed organizzative per i pali trivellati in cls armato**

*Ancora oggi, nonostante siano passati quasi nove anni dall'entrata in vigore del D. Lgs. 81/2008, si continuano a vedere PSC assolutamente carenti quando nell'esecuzione dell'opera sono previste lavorazioni particolari. Di Carmelo G. Catanoso.*

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[CS0P13] ?#>

Con questo articolo continua, dopo quelli sul *jet grouting* e sui tiranti, la carrellata su lavorazioni particolari e complesse, la cui conoscenza tra coloro che operano come coordinatori della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, è tutt'altro che diffusa.

Questo perché, il coordinatore della sicurezza per la progettazione (CSP) non possiede quel livello di conoscenza di particolari processi costruttivi tali da permettergli un'efficace analisi preventiva della futura attività di cantiere con la conseguente determinazione delle scelte progettuali ed organizzative relative a questa particolare lavorazione. Se è vero che da una parte, l'obbligo di redazione del POS, è potenzialmente in grado di far integrare nel PSC, le specificità tecniche, organizzative e procedurali delle imprese esecutrici, dall'altra però, tutto ciò non deve costituire una legittimazione di quanto avvenuto fino ad adesso e cioè la redazione, da parte dei CSP, di documenti assolutamente generici, spesso redatti con uno dei tanti software disponibili sul mercato.

Pertanto, un'efficace analisi prevenzionale in fase progettuale può essere condotta solo se vi è una buona conoscenza dei processi costruttivi che si svolgeranno in cantiere.

Nel seguito di questo contributo, verranno affrontate le problematiche inerenti la sicurezza e la tutela della salute nell'**esecuzione pali trivellati in cls armato**, in modo da fornire agli addetti ai lavori una serie di informazioni utili per la redazione del piano di sicurezza e coordinamento relativo ad appalti che includono questa tipologia di lavorazione.

### **I pali di fondazione**

I pali di fondazione sono degli elementi strutturali in grado di trasferire il carico, applicato alla loro sommità, agli strati di terreno più profondi ed in generale più resistenti. I motivi per cui si ricorre all'impiego dei pali di fondazione possono essere diversi e cioè:

- scadenti caratteristiche meccaniche del terreno con conseguente impossibilità di realizzazione di fondazioni superficiali;
- limitazione dei cedimenti;

- trasferimento dei carichi a profondità non interessate da fenomeni di erosione, come per esempio nel caso di fondazioni nell'alveo di un fiume;
- necessità di assorbire dei carichi orizzontali;
- realizzazione di opere al largo delle coste;
- fondazioni per pile di viadotti;
- rinforzo di strutture esistenti mediante sottofondazione;
- paratie realizzate con pali accostati.

I pali possono essere classificati in base a diversi criteri; i più significativi sono quelli basati sul modo di trasferire il carico al terreno, sul tipo di materiale costituente il palo e sulle modalità esecutive. Se la classificazione si effettuasse sulla base delle modalità esecutive, i pali di fondazione possono dividersi in **pali trivellati** (con asportazione di terreno) e **pali infissi** (senza asportazione di terreno). Limitandoci ai primi di grande diametro, questi sono normalmente perforati a percussione o a rotazione:

- **percussione** - si utilizzano per lo scavo benne e scalpello, il foro può essere realizzato senza l'ausilio del rivestimento metallico, oppure può essere parzialmente o interamente rivestito con o senza circolazione di fango bentonitico;
- **rotazione** - si utilizzano per lo scavo trivelle a spirale o bucket, il foro è realizzato normalmente senza l'ausilio del rivestimento metallico oppure con un parziale rivestimento del foro (camicia) con o senza circolazione di fango bentonitico.

I più frequenti diametri dei pali trivellati di grande diametro variano tra gli 800 mm. e i 1500 mm., con profondità variabili, usualmente fino ad un max di 20-25 metri.

### **Le attrezzature comunemente utilizzate**

Le attrezzature comunemente utilizzate per l'esecuzione dei pali trivellati possono essere suddivise in:

- attrezzature per lo scavo,
- impianti per la preparazione del fango bentonitico per il sostegno dello scavo (eventuali),
- attrezzature di supporto.

### **Le fasi di lavoro**

Le fasi di lavoro in cui è suddividibile la lavorazione, sono le seguenti:

1. Preparazione del piano di lavoro
2. Posizionamento dell'escavatore munito dell'utensile di scavo, sul punto in cui deve essere eseguito il palo
3. Inizio dello scavo del palo con successivo scarico del materiale di risulta a fianco dell'escavatore o direttamente nel cassone di un mezzo di trasporto
4. A. Per pali con scavo a secco: posizionamento dell'avanpalo e della camicia di sostegno; B. Per pali con scavo a fango:

posizionamento dell'avanpalo ed inizio pompaggio nello scavo del fango bentonitico, proveniente dall'apposito impianto, per il sostegno dello scavo

5. Esecuzione dello scavo fino a raggiungere la profondità di progetto

6. Spostamento dell'escavatore su un'altra zona di scavo

7. Posizionamento nello scavo delle gabbie d'armatura con l'ausilio della gru di servizio

8. Giunzione progressiva degli spezzoni delle gabbie posizionando, sopra la gabbia appoggiata sull'avanpalo, lo spezzone successivo facendo entrare i ferri verticali nella gabbia inferiore ed accoppiando i ferri omologhi mediante legatura/saldatura/morsettatura

9. Posizionamento del tubo getto da parte dell'escavatore o della gru di servizio e posizionamento dello stesso a circa 30 cm dal fondo dello scavo

10. Getto del calcestruzzo attraverso il tubo-getto con autobetoniere e progressiva estrazione degli spezzoni di tubo-getto con l'innalzamento del livello del calcestruzzo, curando sempre la permanenza di almeno due metri di tubo al di sotto del livello dello stesso; per pali con scavo a fango, contemporaneo recupero del fango bentonitico mediante aspirazione dallo scavo e ripompaggio nelle apposite vasche.

Per i soli pali con "scavo a fango":

- dissabbiamento dei fanghi bentonitici recuperati dallo scavo, mediante passaggio attraverso una serie di setacci vibranti ed idrocycloni e conseguente separazione dei fanghi dai detriti e dalla sabbia;

- rimessa in circolo dei fanghi "depurati".

### **La ricerca prevenzionale in fase progettuale**

La ricerca prevenzionale in fase progettuale deve essere effettuata con particolare attenzione alle problematiche derivanti dall'organizzazione delle attività lavorative, dalle possibili interferenze con altre lavorazioni presenti nell'area di lavoro e dalle specifiche principali fasi di lavoro nel futuro cantiere e cioè:

- l'allestimento delle attrezzature di scavo;

- l'eventuale allestimento dell'impianto di preparazione del fango bentonitico;

- l'accesso alla zona di scavo e la preparazione del piano di lavoro;

- la perforazione;

- il trasporto e la posa delle gabbie d'armatura;

- il getto del calcestruzzo;

- il completamento del palo e opere accessorie

Le lavorazioni per la realizzazione dei pali trivellati in cls armato costituiscono, quasi sempre, delle attività lavorative inserite in un contesto esecutivo più ampio quale la costruzione di viadotti ferroviari o autostradali, il consolidamento di versanti in frana, ecc.. Esse sono fortemente caratterizzate, vista la complessità della lavorazione e le dimensioni delle attrezzature di lavoro impiegate, da un elevato rischio derivante dalle possibili interferenze con altre attività espletate nell'area di cantiere. Pertanto,

nel piano di sicurezza e coordinamento, anche se esse, normalmente, costituiscono solo una tra le diverse attività costruttive di cui è necessario tener conto per la redazione del citato documento, è fondamentale studiare attentamente le modalità organizzative della lavorazione. Ovviamente, viste le fasi di lavoro in cui le stesse sono articolate, la tipologia delle attrezzature presenti e le forti interazioni con l'ambiente interno ed esterno al sito, è assolutamente necessario che, in fase di progetto esecutivo dell'intera opera, si tenga debitamente conto delle peculiarità insite nell'esecuzione dei pali trivellati in cls armato, senza rimandare al piano operativo di sicurezza predisposto dall'impresa specializzata incaricata della realizzazione della stessa.

Quindi, la fase iniziale di ricerca prevenzionale in fase progettuale deve necessariamente approfondire lo studio di questa futura lavorazione con la massima attenzione. Alcuni dei punti critici sui quali soffermarsi e riflettere al fine di definire le scelte migliori per eliminare, quando possibile, o ridurre al minimo i rischi connessi alla lavorazione, fin dalla fase di progetto esecutivo, sono i seguenti:

- Caratteristiche geomeccaniche del terreno;
- Caratteristiche climatiche del sito;
- Possibile inquinamento: terreno, atmosferico, acustico, Interferenze con linee elettriche aeree, sottoservizi (gas, elettricità, acqua, ecc.), edifici adiacenti, cantieri adiacenti, strade, ferrovie, ecc.;
- Vie di transito interne;
- Dimensioni aree di lavoro;
- Accesso interno ai posti di lavoro;
- Modalità di stoccaggio e movimentazione materiali;
- Sistemi di protezione dei posti di lavoro;
- Sistemi di alimentazione d'energia;
- Criteri di realizzazione degli impianti tecnologici di supporto;
- Interferenze con altre lavorazioni e altri mezzi presenti in cantiere (autogru, macchine movimento terra, ecc.).

Nel piano di sicurezza e coordinamento (PSC) bisogna prevedere che, in caso d'impiego di un escavatore con "*braccio a traliccio*", normalmente di dimensioni ben superiori a un comune escavatore a "*braccio rovescio*", arrivando il primo in cantiere con cingoli, braccio e attrezzatura di scavo smontati e caricati su speciali veicoli, necessiterà di uno spazio adeguato per effettuare le operazioni di montaggio e smontaggio. Visto, poi, che per montare i cingoli sul sottocarro dell'escavatore deve essere utilizzata un'autogrù, diventa essenziale prevedere nel PSC e rendere, poi, fruibili accessi e spazi di manovra adeguati alle dimensioni dei mezzi impegnati. Dopo il montaggio dei cingoli è possibile far scendere l'escavatore dal mezzo di trasporto; ovviamente la zona scelta per quest'operazione deve assicurare un'adeguata portanza del terreno destinato a sostenere il peso della macchina. La fase successiva prevede, generalmente, il montaggio del braccio a traliccio e delle funi degli argani dell'escavatore; ovviamente, la zona deve essere in grado di assicurare, gli spazi per il montaggio a terra degli spezzoni e delle funi. Pertanto, è necessario prevedere nel PSC che l'operazione avvenga in aree adeguate per permettere, con il supporto di un'autogrù, tale operazione. Una volta montati "a terra" il braccio e le funi, è possibile procedere al sollevamento del braccio. Anche se le norme di buona tecnica suggeriscono un accurato preventivo controllo della corretta giunzione degli elementi, del serraggio delle viti e dei bulloni e la tenuta delle coppiglie, prima di procedere è sempre necessario aver individuato nel PSC un'area in cui la prima operazione di sollevamento possa essere effettuata senza che, in caso di cedimenti della struttura del braccio, si verifichi la caduta di parte degli elementi su altre attrezzature, mezzi di cantiere o altro presenti nel sito oggetto dell'intervento. Dopo aver ripetuto più volte quest'operazione è necessario ricontrollare la corretta ed efficace giunzione degli elementi (braccio, funi, ecc.); solo dopo è possibile montare, utilizzando le stesse cautele, gli utensili ed i supporti di scavo

(benne, ecc.).

L'impianto di preparazione del fango bentonitico, nel caso di scavo di pali trivellati con l'ausilio di questo fluido per il sostegno dello scavo, costituito da una serie di vasche per il contenimento del fango, da pompe, agitatori, dissabbiatori, tubazioni, ecc., necessita, vista la sua complessità, di tutta una serie di accorgimenti in grado di minimizzare il rischio per il personale durante il suo funzionamento.

Le scelte da fare nel PSC riguardano principalmente:

- il posizionamento dell'impianto nell'area di cantiere;
- gli accessi dei mezzi all'impianto;
- gli accessi del personale nelle varie zone dell'impianto;
- il posizionamento delle tubazioni di invio e di recupero del fango, sia nell'impianto che dall'impianto alle zone di scavo e viceversa;
- i sistemi di alimentazione dell'energia necessaria per il funzionamento dell'impianto;
- i sistemi da adottare per mantenere un adeguato livello di sicurezza (protezioni collettive, sicurezza impianti elettrici, gestione situazioni anomale ecc.).

Per l'accesso alle zone di scavo, prima di tutto è necessario che nel PSC siano state pianificate le sequenze lavorative delle macchine movimento terra addette alla formazione dei piani di lavoro, definendo i criteri che il personale deve seguire per evitare contatti accidentali/investimenti con le stesse. Il citato piano deve prevedere la realizzazione di una pista di accesso all'area di scavo in grado di assicurare la stabilità del mezzo di perforazione durante il tragitto. Essenziale in questa fase è la previsione e la predisposizione della pista e del piano di lavoro aventi le caratteristiche adeguate sia all'attrezzatura (dimensioni, peso, franco, ecc.) che all'attività di scavo che dovrà essere svolta. La portanza del terreno dovrà essere tale da assicurare la stabilità della macchina tenendo conto delle sollecitazioni dinamiche trasmesse al terreno durante le fasi di spostamento e di scavo.

Per terreni cedevoli, nel PSC dovrà essere valutata anche l'eventuale possibilità di aumentare la portanza dell'area di lavoro, con la futura predisposizione d'adeguati riporti o, addirittura, la stesura di fogli di "tessuto non tessuto", riportando su di esso, almeno uno spessore di almeno 30 centimetri di inerti granulari. In alcuni casi, durante lo scavo, sarà necessario prevedere, ed a questo ci penserà l'impresa esecutrice, anche la predisposizione di ripartitori di carico sui quali appoggiare i cingoli.

Inoltre, nel caso in cui gli spostamenti e lo scavo avvenissero in prossimità di strutture esistenti, nel PSC sarà necessario prevedere e, poi, preventivamente realizzare, prima dell'inizio dei lavori, interventi atti a monitorare e garantire la stabilità dei manufatti presenti.

Per l'eventuale presenza di linee elettriche aeree non rimovibili, il PSC dovrà prevedere la segnalazione a terra della loro presenza ed a una distanza tale dalla proiezione al suolo delle stesse, da eliminare, quando possibile, o limitare il rischio di contatto durante gli spostamenti dell'escavatore. Il PSC dovrà prevedere che, nel caso in cui i lavori di scavo dovessero essere eseguiti nelle vicinanze di linee elettriche aeree in tensione, pur nel rispetto dei limiti minimi prescritti dalle norme di legge, l'escavatore sia posizionato in modo tale che, un eventuale cedimento parziale o caduta del braccio non investa la linea in tensione, né sia possibile che le funi metalliche di tiro o la struttura sostenuta dal braccio (Tariere, Kelly, ecc.), nella normale movimentazione, possano raggiungere la linea. Ovviamente, se si fosse costretti ad operare a meno della distanza minima dalla linea, il PSC dovrà prevedere preventivamente la richiesta di "messa fuori servizio" della stessa o, in alternativa, la predisposizione d'idonei ripari fissi a protezione della linea.

Durante la fase di perforazione si concretizzano tutta una serie di situazioni potenzialmente a rischio per il personale impegnato. Nel PSC, per questa fase di lavoro, è principalmente necessario:

- individuare, tenendo conto dello sviluppo dei lavori, le aree a rischio nelle immediate vicinanze della macchina e definire sistemi e le regole di accesso, passaggio e stazionamento per il personale compatibili con le inderogabili esigenze di sicurezza;
- pianificare, temporalmente e spazialmente, le sequenze operative di scavo e di getto in modo da minimizzare, con specifiche procedure, i rischi dovuti alla presenza di scavi temporaneamente aperti (perché in attesa del getto o del posizionamento della gabbia o appena "gettati" o altro) di notevole profondità (a secco o con fango bentonitico) e la presenza di mezzi adibiti allo scavo degli stessi ed alle operazioni ausiliari;
- individuare i dispositivi di protezione collettiva (tipologia, numero, sistemi di segnalazione, ecc.), da posizionare sia sul palo in fase di scavo che sugli altri già eseguiti ed in attesa di getto del calcestruzzo o in fase di maturazione dello stesso;
- definire, in caso di previsione di lavoro notturno, un sistema di illuminazione artificiale dell'area di lavoro, atto a garantire una corretta illuminazione senza abbagliamenti e contrasti.

Le gabbie d'armatura dei pali, comunemente, giungono in cantiere pre-assemblate in spezzoni su autoarticolati (raramente vengono, oggi, assemblate sul posto). Il primo problema è di garantire adeguati spazi per l'accesso, la manovra, il posizionamento, lo scarico e lo stoccaggio con la gru di servizio, degli spezzoni di gabbia. Ovviamente, l'arrivo in cantiere di veicoli di tali dimensioni può provocare, in alcuni casi, notevoli problemi non solo al cantiere ma anche all'ambiente circostante. Pertanto, nel PSC è necessario prevedere anche gli spazi necessari per la sosta degli autoarticolati (non obbligatoriamente nelle estreme vicinanze delle aree di lavoro), in attesa dello scarico oppure imporre gli arrivi delle gabbie in cantiere secondo rigidi criteri temporali in grado di minimizzare le citate ricadute negative.

Ovviamente, nel PSC devono essere accuratamente definite le modalità di sollevamento, trasporto e posa delle gabbie da parte della gru di servizio (aree, corridoi d'avvicinamento, ecc.); infatti, è opportuno ricordarlo, gli escavatori impiegati per l'esecuzione dei pali trivellati in cls armato, salvo casi particolari, non sono "apparecchi di sollevamento" ma macchine operatrici e, pertanto, non possono essere utilizzati per il sollevamento ed il trasporto degli spezzoni di gabbie. Inoltre, risulta estremamente importante la previsione, da parte del progettista in fase di dimensionamento strutturale, e dietro espressa richiesta del CSP, di idonei punti di aggancio delle gabbie per eseguire le manovre citate onde evitare che un aggancio delle stesse, effettuato su staffe sottodimensionate, porti alla rottura delle stesse e alla caduta delle gabbie con grave rischio per gli addetti.

Nella fase di giunzione progressiva degli spezzoni della gabbia, durante la quale il rischio di caduta nello scavo può essere ben contenuto dalla presenza delle protezioni collettive già citate nella fase di perforazione (pedane di sicurezza con "avanpalo" integrato), è necessario ribadire la necessità nel PSC, sia del mantenimento in tiro dello spezzone con la gru di servizio, sia dell'interposizione, attraverso i ferri d'armatura, di almeno due spezzoni di tubo di adeguata resistenza poggiati sull'avanpalo, in grado di bloccare ulteriormente lo spezzone di gabbia durante la giunzione ed evitare che questo si muova verso il basso durante l'esecuzione delle operazioni citate.

Per questa fase, nel PSC, è importante definire sia le modalità di accesso e di avvicinamento alla zona di getto delle autobetoniere che le aree di attesa delle stesse. Infatti, calcolando che ogni autobetoniera trasporta mediamente circa 7-8 metri cubi di calcestruzzo, è possibile individuare, in funzione dei pali da gettare e delle loro dimensioni, il numero di autobetoniere che presumibilmente, saranno giornalmente presenti in cantiere ed organizzare e predisporre, così, le zone di sosta, le vie d'accesso, ecc..

Per il completamento del palo e la realizzazione delle opere accessorie, il PSC deve aver previsto le sequenze lavorative delle macchine movimento terra addette alla sistemazione delle aree precedentemente interessate dall'esecuzione dei pali, definendo le procedure che il personale deve seguire per evitare contatti accidentali con le stesse. Il CSP deve aver definito e dimensionato, in funzione dell'evoluzione dei lavori, le possibili aree di accumulo del terreno di risulta in attesa dell'allontanamento dal sito. Se

il terreno precedentemente asportato, sulla base delle specifiche progettuali, dovesse essere riposizionato al fine di ripristinare le condizioni iniziali del sito, il PSC deve avere definito le modalità con cui quest'operazione dovrà essere attuata. Se le aree da ripristinare fossero a forte pendenza, devono essere state preventivamente studiate le modalità (terrazzamento, gradonatura, ecc.), in grado di minimizzare il rischio di franamenti, ribaltamenti delle macchine utilizzate, ecc..

Tenendo conto degli spostamenti delle macchine movimento terra nelle aree di lavoro, il PSC deve aver definito i criteri che il personale deve seguire (accessi aree di lavoro, percorsi, ecc.), per evitare contatti accidentali con la macchina stessa o per evitare di venire colpito da gravi caduti dalla benna (sassi, terriccio, ecc.).

Una volta redatto il PSC relativo all'opera da eseguire, all'interno del quale, per quanto riguarda i pali trivellati in cls armato, sono state definite le misure preventive e protettive (progettuali, tecniche e organizzative), l'impresa esecutrice potrà, successivamente, prendere visione dello stesso (trasmessogli con la richiesta di presentazione offerta), valutarne i contenuti ed, eventualmente, proporre con il proprio POS o con apposita comunicazione, eventuali integrazioni o ulteriori precisazioni sulle modalità e sugli strumenti con cui soddisferà le specifiche richieste, inerenti la sicurezza e la tutela della salute, definite dal CSP.

Pertanto, sia il POS che le proposte delle imprese esecutrici vanno intesi come contributi complementari al PSC, cioè documenti con i quali le aziende intendono integrare ed armonizzare le proprie specificità nel più generale contesto delle citate misure preventive e protettive, già definite nel PSC.

**Carmelo G. Catanoso**

Ingegnere Consulente di Direzione



Questo articolo è pubblicato sotto una Licenza Creative Commons.

I contenuti presenti sul sito PuntoSicuro non possono essere utilizzati al fine di addestrare sistemi di intelligenza artificiale.

---

**[www.puntosicuro.it](http://www.puntosicuro.it)**