

Verifica stato di usura delle rotaie delle vie di corse delle gru di piazzale e di banchina site presso il Molo Polisettoriale del Porto di Taranto

Domenica Costantino (*), Maria Giuseppa Angelini (**), Claudio Donati (***)

(*) DICAR – Politecnico di Bari, via Orabona 4, 70126 Bari,
tel. +39 99 4733215, domenica.costantino@poliba.it

(**) Centro Interdipartimentale Magna Grecia - Politecnico di Bari, viale del Turismo 8, 74123 Taranto,
tel. +39 99 4733215, mariagiuseppa.angelini@poliba.it

(***) d_progetti Donati D'Elia Associati, via Plinio 87, 74121 Taranto, dprogetti@donati-delia.it

Riassunto

È stata realizzata una verifica relativa all'allineamento delle vie di corsa e dello stato di usura delle rotaie delle gru di piazzale e di banchina del Molo Polisettoriale del Porto di Taranto, per conto della Terminal Container Taranto S.p.A. Si è eseguito dapprima un rilievo plano-altimetrico con stazione totale e livello di tutte le linee operative al fine di individuare eventuali irregolarità di parallelismo, di differenza di livello e di rettilineità della rotaia. Per la verifica dello stato di usura dei binari, individuati 100 tratti di controllo distribuiti uniformemente lungo la banchine e le linee, si è eseguita attività di rilievo diretto, prevedendo dapprima l'individuazione di quattro sezioni materializzate mediante un telaio opportunamente realizzato. Su dette sezioni sono stati eseguiti rilievi mediante profilometro manuale e calibro. I risultati ottenuti sono stati integrati da quelli provenienti da tecniche di rilievo fotogrammetrico e laser scanner.

Mediante il rilievo diretto è stato possibile verificare l'eventuale presenza di usura, la tecnica laser ha consentito l'analisi relativa al riconoscimento del fenomeno puntuale o diffuso, mentre la tecnica fotogrammetria, attraverso la produzione di ortofoto, ha mostrato visivamente la tipologia di fenomeno riscontrato.

Abstract

Has been realized a test on alignment of rail tracks and the wear condition of the rails of the yard cranes and quay of the Molo Polisettoriale of the Port of Taranto, on behalf of Taranto Container Terminal S.p.A. Has been performed a initially plano-altimetric survey with total station and level of all operational lines in order to identify any irregularities of parallelism, differential level and straightness of the rail. In order to verify the state of track wear condition have been identified 100 control sections evenly spaced along the quay and lines, on which has been performed direct activities survey, firstly providing for the identification of four sections materialized through a frame made properly. On these sections has been performed survey activities using a manual profilometer and caliber. The results has been supplemented by photogrammetric and laser scanner survey techniques.

Through the use of the direct survey has been possible to verify the presence of wear, the laser technique has allowed the analysis of the recognition of the punctual or diffuse phenomenon, while the photogrammetry technique, through the production of orthophotos, showed visually the type of phenomenon found.

Introduzione

Le tecniche di monitoraggio e di diagnostica delle infrastrutture di sollevamento rivestono un ruolo fondamentale al fine di assicurarne il funzionamento in piena sicurezza prevedendo eventuali deviazioni del comportamento dalle condizioni regolari previste. Il transito dei convogli pesanti tende naturalmente a far peggiorare le condizioni geometriche, è, pertanto, necessario che dette tecniche siano effettuate periodicamente al fine di stabilire le operazioni di manutenzione o rifacimento delle infrastrutture secondo quanto previsto dalle norme UNI ISO 9927-1 “Apparecchi di sollevamento. Ispezioni. Generalità”.

Taranto Container Terminal (TCT)

Il porto di Taranto gode di una posizione geografica strategica nel Mediterraneo baricentrica rispetto alle rotte principali tra Oriente ed Occidente e rappresenta un centro ideale per il traffico marittimo tra l'Europa ed il resto del mondo, nonché per il traffico a corto raggio nazionale ed europeo. Lo scalo, situato sulla costa settentrionale dell'omonimo Golfo, è un porto naturale costituito da un'ampia rada conosciuta come Mar Grande e da un'insenatura interna chiamata Mar Piccolo. Le installazioni portuali sono distribuite lungo il settore nord occidentale del Mar Grande e immediatamente fuori di esso in direzione ovest.

Il porto di Taranto (fig. 1) è caratterizzato dalla polifunzionalità, dalla suddivisione degli ormeggi in relazione ai diversi settori produttivi: commerciale, industriale, petrolifero e turistico (con gli approdi siti nella parte est dello scalo).

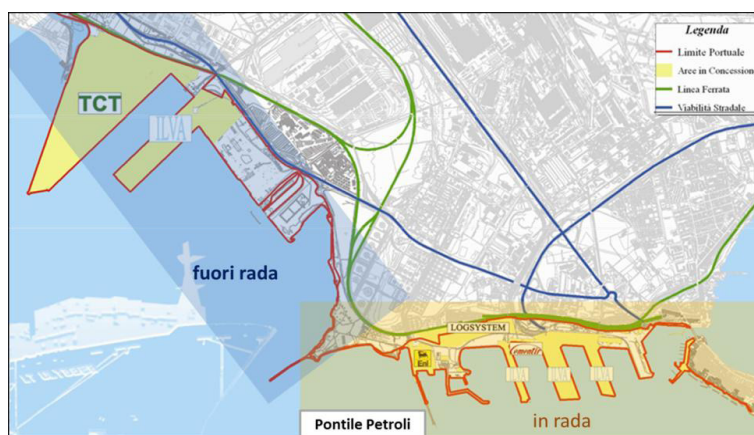


Figura 1 □ Porto di Taranto.

L'operatività delle banchine è garantita per tutto l'anno dalle protezioni naturali ed artificiali di opere marittime oltre che dalle basse escursione di marea.

Il porto di Taranto presenta due canali di accesso: il primo a servizio del porto in rada con larghezza e profondità in grado di assicurare, in modo efficiente ed in sicurezza, la manovra di unità navali di notevoli dimensioni; il secondo a servizio del porto fuori rada ove operano il terminal contenitori ed il terminal di export di ILVA.

Il porto fuori rada è situato ad ovest, tra il Pontile Petroli e la riva sinistra del fiume Tara (Molo Polisettoriale) ed è costituito da V sporgente, Calata 5 e Molo Polisettoriale. In particolare, il Molo Polisettoriale e la Calata 5 sono in concessione alla Taranto Container Terminal S.p.A. società che gestisce il terminal contenitori (fig. 2).

La banchina su cui insiste il terminal contenitori ha un fronte di 1800 m ed un fondale di profondità variabile tra i 14 e 15,50 m, servito da un fascio di 5 binari di 1,200 Km e collegato direttamente con la rete ferroviaria nazionale.

La TCT possiede impianti per caricare e scaricare treni portacontainer grazie a due gru a portale su rotaia che assicurano il carico/scarico dei contenitori dai convogli in tempi rapidi. Dispone, inoltre, di 10 gru a portale per operazioni tra nave e banchina anch'esse su rotaie.

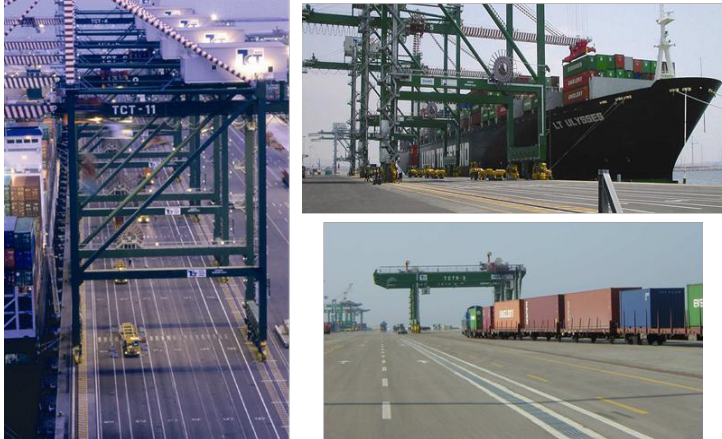


Figura 2 □ Impianti TCT

Verifiche delle vie di corsa

Durante il periodo di vita utile le infrastrutture di sollevamento devono essere ispezionate periodicamente al fine di accertarne la rispondenza con tolleranze stabilite d'accordo tra l'ente controllore e gli utilizzatori non tenendo conto delle eventuali deformazioni elastiche che intervengono durante il funzionamento (Bevilacqua et al, 2008).

Tra le principali fasi di verifica periodica dell'impianto sono previsti i seguenti accertamenti:

- ✓ tolleranza relative al parallelismo delle rotaie di scorrimento delle gru;
- ✓ differenza di livello tra le rotaie;
- ✓ tolleranza relativa alla rettilineità della rotaia in un piano verticale (fig. 3);
- ✓ usura della testa del binario di scorrimento.

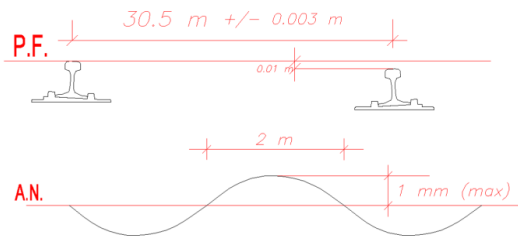


Figura 3 □ Tolleranze rotaie.

Relativamente al parallelismo delle vie di corsa l'interasse tra le rotaie non deve discostarsi ± 3 mm dalla dimensione nominale.

La differenza di quota tra le due rotaie non può essere superiore allo 0,15% della loro distanza e, in ogni caso, non può superare i 10 mm.

Lo spostamento laterale delle rotaie, ovvero lo scostamento tra la giacitura teorica e quella effettiva della mezziera della rotaia, considerandone un tratto di lunghezza pari a 2 m, non può essere superiore a ± 1 mm. Inoltre, non ci devono essere disallineamenti nei punti di congiunzione delle rotaie (UNI ISO 8306).

La massima usura e deformazione ammissibile sul fungo della rotaia è pari al 7% della dimensionale nominale (Sivilotti et al., 2009).

Rilievo piano altimetrico per verifiche delle rotaie

La strumentazione usata per l'accertamento delle tolleranze relativi al parallelismo, alla differenza di livello e alla rettilineità delle rotaie ha consistito in una stazione totale motorizzata Leica TCA 1101 e in un livello ottico NA2 Leica con lamina pian-parallela.

Le tecniche di rilievo adottate hanno previsto l'adozione di poligonalari aperte con relativa determinazione delle coordinate dell'asse ideale della rotaie denominate Est (E) e Ovest (W) relative a ciascuna linea di corsa (fig. 4) con intervallo di campionamento pari a 2 m.

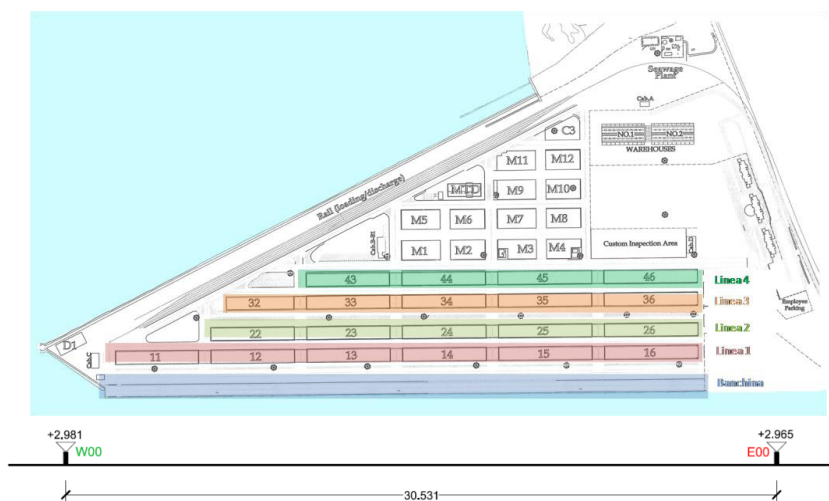


Figura 4 □ Linee di corsa ed individuazione dei binari.

Il sistema di riferimento assunto per le rappresentazioni dei dati è stato fissato per ogni linea operativa in corrispondenza dell'origine della rotaia occidentale imponendo l'asse delle Y, coincidente con l'asse ideale della rotaia, positivo verso la radice del molo e l'asse delle X nella direzione ortogonale, e quota attribuita arbitrariamente all'origine pari a 3m.

BANCHINA (interasse nominale rotaie 30,5 m)								
SEZIONE	Progressiva	Quota E	Quota W	ΔQ	Interasse binari	ΔI	Verifica tolleranze ΔQ	Verifica tolleranze ΔQ
128	763,42	2,987	2,997	0,010	30,527	0,027	ok	ok
129	769,42	2,988	2,993	0,005	30,521	0,021	ok	ok
130	775,27	2,985	2,993	0,008	30,524	0,024	ok	ok
131	781,35	2,984	2,991	0,007	30,529	0,029	ok	ok
132	787,31	2,989	2,993	0,004	30,534	0,034	ok	no
133	793,15	2,985	2,991	0,006	30,533	0,033	ok	no
134	799,24	2,987	2,995	0,008	30,533	0,033	ok	no
Linea 3 (interasse nominale rotaie 32,2 m)								
7	37,57	2,904	2,884	0,020	32,1850	0,0150	ok	ok
8	41,63	2,905	2,883	0,022	32,1820	0,0180	ok	ok
9	47,77	2,912	2,882	0,030	32,1840	0,0160	ok	ok
10	54,07	2,914	2,884	0,030	32,1860	0,0140	ok	ok
11	59,71	2,92	2,88	0,040	32,1870	0,0130	no	ok
12	65,77	2,927	2,878	0,049	32,1830	0,0170	no	ok
13	71,68	2,934	2,875	0,059	32,1900	0,0100	no	ok
14	77,64	2,939	2,874	0,065	32,1880	0,0120	no	ok

Tabella 1 □ Verifica del parallelismo e della differenza di livello delle rotaie.

Linea	Binario	Codice	x (m)	y (m)	Δx (m)		Verifica tolleranze Δx
Linea 1	Est	E00	30,573	2,424	0,004	0,003	no
		E01	30,577	4,526			no
		E02	30,580	6,628	0,002	0,000	no
		E03	30,582	8,561			no
		E04	30,582	10,493	-0,003	0,003	no
		E05	30,579	12,426			no
		E06	30,582	14,429	-0,002	0,003	no
		E07	30,580	16,433			no
	E08	30,583	18,436				
	Ovest	W00	0,041	1,843	0,003	0,003	no
		W01	0,044	4,102			no
		W02	0,047	6,360	0,004	0,004	no
		W03	0,051	8,377			no
		W04	0,055	10,394	0,003	0,001	ok
		W05	0,058	12,411			ok
		W06	0,059	14,386	0,000	-0,001	ok
W07		0,059	16,362	ok			
W08	0,058	18,337					

Tabella 2 □ Verifica della rettilineità della rotaia in un piano verticale.

Nelle tabelle 1 e 2 si sono riportati i risultati relativi alle verifiche eseguite, evidenziando le anomalie presenti. Sono stati riportati estratti che evidenziano la non rispondenza ai requisiti prescritti. Per ciascuna linea sono state calcolate le percentuali di anomalie verificatesi relative all'intera estensione delle linee:

- ✓ banchina circa pari al 5% in altimetria, al 32% in planimetria e al 15% in rettilineità;
- ✓ linea 1, circa pari al 16% in altimetria, 25% in planimetria e 10% in rettilineità;
- ✓ linea 2, circa pari al 17% in altimetria, 10% in planimetria e 12% in rettilineità;
- ✓ linea 3, circa pari al 8% in altimetria, 0% in planimetria e 5% in rettilineità;
- ✓ linea 4, circa pari al 6% in altimetria, 0% in planimetria e 6% in rettilineità.

I maggiori e più evidenti problemi sono stati riscontrati in corrispondenza delle linee che presentano la più intensa attività di esercizio.

Rilievo per la verifica dello stato di usura delle rotaie

Ai fini della verifica dello stato di usura delle rotaie, sono stati individuati, materializzati e monografati 100 tratti di controllo, di lunghezza media di 1,00 m, distribuiti uniformemente lungo la banchina e le linee (1-4), scelti in relazione alla presenza visiva o meno di fenomeni di usura anche localizzati (fig. 5).



Figura 5 □ Monografia tratti controllata.

È stata progettata l'attività di rilievo prevedendo il tipo di strumentazione più idonea e la tecnica maggiormente attendibile. A tal fine, si è scelto di procedere con rilievo integrato che ha visto dapprima la misura diretta del fenomeno, integrata dalla tecnica laser scanner e da quella fotogrammetrica.

L'attività di rilievo diretto è stata realizzata prevedendo la costruzione di un telaio standard in modo da rilevare quattro sezioni delle rotaie (fig. 6) attraverso la misura puntuale del profilo del fungo attuata mediante pettine e quella di verifica dimensionale dell'usura mediante calibro con lettura al nonio a precisione 1/20.

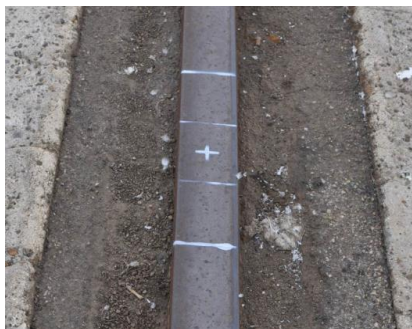


Figura 6 □ Sezioni evidenziate da telaio standard per rilievo diretto.

Il rilievo laser scanner è stato eseguito con strumentazione Leica 6200. Per ciascun tratto sono state acquisite due scansioni successivamente registrate. La nuvola di punti è stata elaborata nel software Geomagic Studio (Costantino et al., 2013). Mediante tale software è stata eseguita la filtratura del dato, che ha consentito di eliminare il rumore legato alla riflettività del materiale, alle condizioni ambientali, ecc., e la successiva modellazione dello stesso con la conseguente estrazione delle sezioni con passo arbitrario (fig. 7).

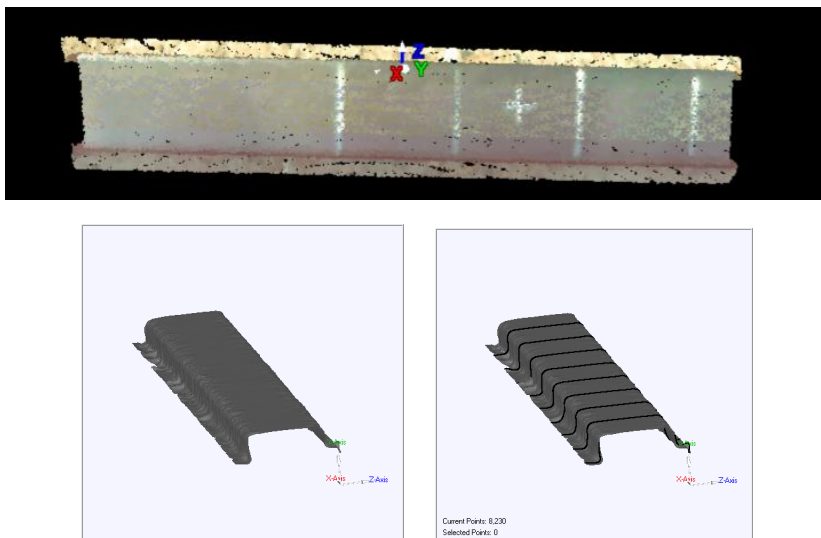


Figura 7 □ Nuvola di punti registrata in Cyclone e modello 3D con sezioni in Geomagic.

La tecnica fotogrammetrica ha consentito la produzione delle ortofotopiane necessarie per visualizzare la tipologia (corrosione, rottura, ecc.) e l'entità del fenomeno; l'elaborazione è stata condotta mediante il software PhotoModeler Scanner e grazie all'ausilio di camera semimetrica e telaio fisso con posizionati i targets di orientamento (fig. 8).



Figura 8 □Telaio fisso con posizionati i targets di orientamento e ortofotopiana.

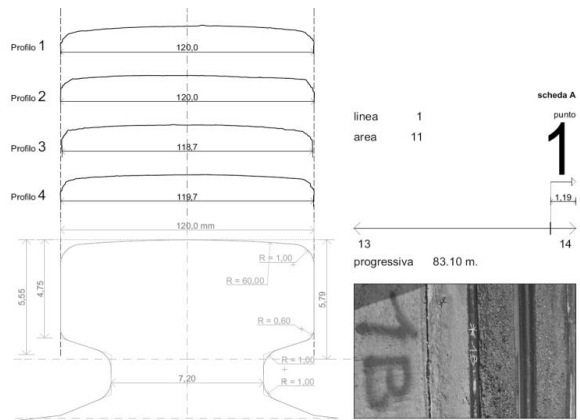


Figura 9 □Verifica usura.

Linea	Tratti		Tolleranza (7%) (mm)	RILIEVO DIRETTO					Verifica tolleranza usura	
	Lato E	Lato W		Profilo 1 (mm)	Profilo 2 (mm)	Profilo 3 (mm)	Sez. Media (mm)	Scarto da sezione ideale (mm)		
Banchina	21		8,4	115,3	116,8	116,5	115,4	116,0	4,0	ok
Banchina	23		8,4	114,8	116,4	117,8	115,9	116,2	3,8	ok
Banchina	24		8,4	114,5	114,8	117,2	115,2	115,4	4,6	ok
Banchina	25		8,4	114,4	116,1	116,9	117,3	116,2	3,8	ok
Banchina	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..
1	35		8,4	117,1	117,6	116,2	116,8	116,9	3,1	ok
1	36		8,4	115,0	117,1	117,4	115,5	116,3	3,8	ok
1		31	8,4	117,1	119,5	110,0	120,2	116,7	3,3	ok
1	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..
2	59		8,4	115,8	118,1	120,5	117,3	117,9	2,1	ok
2	60		8,4	117,2	117,6	117,2	119,7	117,9	2,1	ok
2		47	8,4	117,4	116,3	117,0	119,1	117,5	2,5	ok
2	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..
3	86		8,4	117,8	117,8	116,6	117,9	117,5	2,5	ok
3	88		8,4	115,8	118,5	116,1	116,1	116,6	3,4	ok
3		96	8,4	115,9	118,8	119,6	118,2	118,1	1,9	ok
3	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..
4	77		8,4	119,9	118,1	117,6	119,6	118,8	1,2	ok
4	78		8,4	118,1	120,0	120,0	116,9	118,8	1,3	ok
4	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..	□ □ ..

Tabella 3 □Telaio fisso con posizionati i targets di orientamento e ortofotopiana.

Le tecniche di rilievo adottate hanno consentito la verifica della sezione delle rotaie. Mediante il rilievo diretto è stato possibile verificare l'eventuale presenza del fenomeno di usura (tab. 3), la tecnica laser scanner attraverso le estrazioni di sezioni ha consentito l'analisi relativa al riconoscimento del fenomeno puntuale o diffuso (fig. 9).

I risultati ottenuti sono stati tabellati indicando le eventuali presenze di elementi fuori tolleranza, si è tuttavia constatato che sul 98% dei campioni rilevati i valori rientravano nei limiti prescritti, inoltre le maggior problematiche di usura sono state riscontrate lungo la banchina imputabili a fenomeni corrosivi essendo questa prospiciente il mare e pertanto sottoposta ai forti agenti marini.

Conclusioni

I risultati delle ispezioni svolte evidenziano che i binari presentano solo localmente scostamenti di alcuni parametri (rettilineità, dislivello e parallelismo) rispetto ai valori massimi ammessi dalle tolleranze, in particolare nelle sezioni che, come già detto, sono ubicate in corrispondenza delle linee che presentano la più intensa attività di esercizio ed in corrispondenza delle postazioni usuali di lavoro. Altresì, l'ispezione sulla presenza di usura dei binari ha evidenziato difetti localizzati ma comunque tali da non compromettere, nel breve periodo, il livello minimo di sicurezza richiesto.

Alla luce di quanto descritto è, pertanto, necessario prevedere le sostituzioni degli elementi di binari che presentano valori fuori tolleranza.

In ogni caso è necessario operare un monitoraggio periodico sullo stato di conservazione generale degli elementi considerati, definito con una cadenza non superiore ai 5 anni per attività di rilievo e con cadenza annuale per esame visivo da parte di tecnici esperti (5.2.1 – Norme UNI ISO 9927-1).

Bibliografia

Bevilacqua F. et al. (2008), "Sicurezza, ambiente e salute negli impianti a rischio incidente rilevante: verso un sistema integrato dei controlli" – Edizione VGR 2006.

Costantino D., Angelini M. G. (2013), "Rilievi fotogrammetrici e TLS finalizzati all'incidentistica stradale – Bollettino SIFET – 03/13; pp. 29-50 ISNN 1721971X.

Costantino D., Angelini M. G. (2013), "Topographic survey for structural monitoring, case: Quadrifoglio condominium (Lecce)" – The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XL-5/W3, "The Role of Geomatics in Hydrogeological Risk" eISSN: 2194-9034, doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-W3-179-2013; pp. 179-187, 27-28 February 2013, Padua (Italy).

Costantino D., Angelini M. G. (2013), "Qualitative and quantitative evaluation of the luminance of laser scanner radiation for the classification of materials" – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XL- 5/W2, pp. 207-212, doi:10.5194 /isprsarchives-XL-5-W2-207-2013, eISSN: 2194-9034. XXIV International CIPA Symposium, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France.

Sivilotti D., Lepore L. (2009), "Apparecchi di sollevamento: i controlli e le verifiche secondo le prescrizioni del TU" *Prevenzione e protezione Focus TU*, www.ambientesicurezza.ilsole24ore.com, 6: 33-45

UNI ISO 9927-1 "Apparecchi di sollevamento. Ispezioni. Generalità".

UNI ISO 8306 "Apparecchi di sollevamento. Gru a ponte e a cavalletto. Tolleranza delle vie di corsa".

<http://www.port.taranto.it/it/documenti-programmatici/47-piano-operativo-triennale-2012-2014-dell-autorità-portuale-di-taranto-22-mb.html>.