

S.S.195 "SULCITANA"

COMPLETAMENTO ITINERARIO CAGLIARI - PULA LOTTO 2
COLLEGAMENTO CON LA S.S 130 E AEROPORTO CAGLIARI ELMAS
DAL Km 21+488,70 AL Km 23+900,00
RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA12

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. TANZINI
 Ing. P. LOSPENNATO Ing. A. LUCIA
 Ing. S. PELLEGRINI
 Ing. A. POLLI
 Ing. C. CASTELLANO
 Ing. G.N. GUERRINI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. M. COGHE

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
 SWISS
 Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
 ITALIA
 Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

IMPIANTI

Relazione tecnica impianti

CODICE PROGETTO

NOME FILE
 T00IM00IMPRES01A

REVISIONE

PAG.

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.
 D P C A 1 2 D 2 0 0 1

CODICE ELAB. T 0 0 I M 0 0 I M P R E 0 1

A

1 di 76

| | | | | | |
|------|-----------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | | | | | |
| A | PRIMA EMISSIONE | GIUGNO 2020 | N. GUERRINI | A. POLLI | RASIMELLI |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 2 di 76</p> |
|---|--|

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ASPETTI GENERALI | 6 |
| 1.1 | LOTTI OGGETTO DELLA PROGETTAZIONE | 6 |
| 1.2 | OGGETTO DELLA PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA | 6 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 7 |
| 2.1 | NORME UNI | 7 |
| 2.2 | NORME CEI | 7 |
| 2.3 | CRITERI AMBIENTALI MINIMI | 7 |
| 2.4 | ALTRE NORME | 8 |
| 2.5 | REGIONE SARDEGNA | 8 |
| 3 | CRITERI AMBIENTALI MINIMI | 10 |
| 3.1 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 10 |
| 3.2 | CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME | 10 |
| 3.2.1. | Garanzia | 10 |
| 3.2.2. | Apparecchi per illuminazione stradale | 10 |
| 3.2.3. | Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione | 11 |
| 3.2.4. | Flusso luminoso emesso verso l'emisfero superiore | 11 |
| 3.2.5. | Fattore di mantenimento del flusso e Tasso di guasto | 13 |
| 3.2.6. | Sistema di regolazione del flusso luminoso | 13 |
| 3.2.7. | Informazioni/istruzioni relative agli apparecchi d'illuminazione a LED | 13 |
| 3.2.8. | Documento elettronico (file) di interscambio. | 15 |
| 3.2.9. | Trattamenti superficiali | 15 |
| 3.2.10. | Garanzia | 16 |
| 4 | PROGETTO ILLUMINOTECNICO | 17 |
| 4.1 | DEFINIZIONI | 17 |
| 4.1.1. | Flusso luminoso | 17 |
| 4.1.2. | Intensità luminosa | 17 |
| 4.1.3. | Illuminamento | 17 |
| 4.1.4. | Luminanza | 17 |
| 4.1.5. | Uniformità UO | 17 |
| 4.1.6. | Valutazione dell'abbagliamento UGR | 18 |
| | | 2 |

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 3 di 76</p> |
|---|--|

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.1.7. | Colorazione | 18 |
| 4.1.8. | Resa cromatica | 18 |
| 4.1.9. | Illuminazione verso l'alto | 18 |
| 4.1.10. | Efficienza luminosa | 19 |
| 4.1.11. | Valutazione corpi illuminanti | 19 |
| 5 | CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE | 21 |
| 5.1 | PREMESSA | 21 |
| 5.2 | ASPETTI GENERALI | 21 |
| 5.3 | LA CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA | 21 |
| 5.4 | LA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DELLE STRADE | 22 |
| 5.4.1. | Categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e zone adiacenti | 24 |
| 5.4.2. | Determinazione della categoria di progetto | 24 |
| 5.5 | COEFFICIENTE DI MANUTENZIONE | 27 |
| 6 | ANALISI DEI PARAMETRICI ILLUMINOTECNICI | 30 |
| 6.1 | DESCRIZIONE DEL TRACCIATO | 30 |
| 6.1.1. | Sezione di progetto | 30 |
| 6.1.2. | Viabilità complementare | 30 |
| 6.2 | CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO | 30 |
| 6.3 | INTERSEZIONE A RASO CON VIABILITÀ SECONDARIA | 32 |
| 6.4 | TIPOLOGIA IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 32 |
| 6.5 | CALCOLI ILLUMINOTECNICI | 32 |
| 6.6 | CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 32 |
| 7 | PALI PER IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE | 34 |
| 7.1 | CARATTERISTICHE | 34 |
| 7.2 | SCHEDA TECNICA E CALCOLI | 35 |
| 7.3 | VERIFICA DEL PLINTO DEL PALO | 36 |
| 7.4 | STAFFA SPECIALE PER PALO SU PONTE | 37 |
| 7.5 | CLASSIFICAZIONE DELLA ZONA DI INSTALLAZIONE | 38 |
| 7.6 | CATEGORIA DEL TERRENO | 38 |
| 7.7 | FRECCIA DEI PALI DI ILLUMINAZIONE | 39 |
| 8 | PROVVEDIMENTI PER LA PROTEZIONE DALLA CORROSIONE | 40 |

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 4 di 76</p> |
|---|--|

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8.1 | ASPETTI GENERALI | 40 |
| 8.2 | DURATA DELLE OPERA E SPESSORE DELLA ZINCATURA | 41 |
| 8.3 | CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI ZINCATURA A CALDO | 41 |
| 8.4 | CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI VERNICIATURA A POLVERE | 42 |
| 8.5 | DURABILITÀ TOTALE DEL SISTEMA PROTETTIVO | 42 |
| 8.6 | OPERE DA PROTEGGERE CONTRO LA CORROSIONE | 42 |
| 9 | DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO | 44 |
| 9.1 | OPERE DI CARATTERE GENERALE | 44 |
| 9.2 | PUNTO DI CONSEGNA DELL'ENERGIA ELETTRICA | 44 |
| 9.3 | CAVI ELETTRICI | 44 |
| 9.4 | QUADRI ELETTRICI | 45 |
| 9.5 | VERIFICA DEL PLINTO | 47 |
| 9.6 | DESCRIZIONE DEI LAVORI | 47 |
| 10 | ASPETTI COMUNI DI INSTALLAZIONE | 50 |
| 10.1 | MESSA A TERRA DEI PALI E DELLE LAMPADE STRADALI | 50 |
| 10.2 | SCORTE DI CAVO NEI POZZETTI | 50 |
| 10.3 | MESSA A TERRA DEI QUADRI STRADALI | 50 |
| 10.4 | SISTEMI DI GIUNZIONE PER CAVI ELETTRICI | 50 |
| 10.5 | SISTEMA GESTIONALE DI TELECONTROLLO | 51 |
| 10.6 | CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE | 51 |
| 10.7 | CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE MISURE DI SICUREZZA E PROTEZIONE | 51 |
| 10.8 | SCELTA DEI COMPONENTI E DEL LORO GRADO DI PROTEZIONE | 53 |
| 10.9 | DISPERSORI DI TERRA | 53 |
| 10.10 | CONDUTTURE | 53 |
| 11 | PROCEDURA DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI | 54 |
| 11.1 | SCHEDE TECNICHE DI VERIFICA E CALCOLO | 54 |
| 11.2 | FORMULE UTILIZZATE DAL PROGRAMMA DI CALCOLO E VERIFICA | 55 |
| 11.3 | COMMENTO AI RISULTATI | 58 |
| 12 | ALLEGATO – VERIFICA DEL PLINTO DEL PALO | 59 |
| 12.1 | PREMESSA | 59 |
| 12.2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 59 |

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 5 di 76</p> |
|---|--|

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 12.3 | PARAMETRI GEOTECNICI | 59 |
| 12.4 | DESCRIZIONE DELLE OPERE | 59 |
| 12.5 | ANALISI DEI CARICHI | 60 |
| 12.6 | VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE | 62 |
| 12.7 | VERIFICA STRUTTURALE | 66 |
| 13 | VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE DELLA CABINA PREFABBRICATA | 67 |
| 13.1 | PREMESSA | 67 |
| 13.2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 67 |
| 13.3 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 67 |
| 13.4 | PARAMETRI GEOTECNICI | 67 |
| 13.5 | DESCRIZIONE DELLE OPERE | 67 |
| 13.6 | ANALISI DEI CARICHI | 67 |
| 13.7 | VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE | 68 |
| 13.8 | VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE | 72 |

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 6 di 76</p> |
|---|--|

1 ASPETTI GENERALI

Il progetto definitivo degli impianti oggetto della presente relazione riguarda la realizzazione della nuova S.S.195 in Provincia di Cagliari ed in particolare lo svincolo Saras

La strada in oggetto appartiene sia alla rete primaria sia alla rete principale; serve un movimento di transito e distribuzione sulla rete secondaria; l'entità degli spostamenti è di media e lunga distanza.

La sezione di progetto prescelta è del tipo "strada extraurbana principale", categoria B, in base alle nuove "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del 5 novembre 2001. La velocità di progetto è compresa fra 70 -120 km/h. La portata di servizio per corsia è di 1000 veicoli equivalenti/ora.

Per tale tipo di strada le componenti di traffico ammesse sono limitate, con l'esclusione di pedoni, veicoli a trazione animale e a braccia, velocipedi, motocicli e veicoli su rotaia.

1.1 Lotti oggetto della progettazione

Oggetto della presente progettazione impiantistica sono gli impianti elettrici e di illuminazione dei seguenti svincoli:

- Impianto di illuminazione svincolo Saras suddiviso in due impianti separati, denominati Saras Est e Saras Ovest, ciascuno con proprio quadro elettrico e punto di consegna ENEL.

1.2 Oggetto della progettazione impiantistica

Oggetto della presente progettazione impiantistica sono gli impianti elettrici e di illuminazione dei seguenti svincoli:

I lavori hanno per oggetto le seguenti principali attività:

- Fornitura e posa in opera, di nuovi pali di illuminazione di altezza f.t. (da piano stradale) 8.00m con lampade a Led da 14.000 fino 20.000lm, per garantire i valori di illuminamento previsti dalla norma per la viabilità stradale.
- Fornitura e posa in opera di cavidotti realizzati con tubi corrugati a doppia parete DN160 e DN50, di pozzetti 60x60x h120 con chiusino in ghisa D400, di plinti prefabbricati per pali con pozzetti 40x40 e chiusino in ghisa C250, degli scavi e rinterrati a servizio delle vie cavi.
- Fornitura e posa di armadi stradali in vetroresina per il contenimento delle apparecchiature di protezione e controllo completi di cabina prefabbricata in cls con proprio plinto.
- Fornitura e posa, per ciascun impianto Est ed Ovest, di un sistema di controllo, con tecnologia radio, dell'illuminazione stradale compreso periferica da installare nel corpo lampade.

La progettazione di detti impianti è stata inoltre indirizzata ad ottimizzare i consumi energetici in funzione delle prestazioni richieste, ad assicurare condizioni di sicurezza e prevenzione degli infortuni nell'esercizio degli impianti, alla facilità di gestione e di manutenzione.

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 7 di 76</p> |
|---|--|

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente progetto è stato elaborato nel rispetto di tutte le norme tecniche vigenti ed attinenti all'esecuzione delle opere. Si riportano qui di seguito le principali norme tecniche di riferimento impiegate per la redazione progetto e che dovranno essere rispettate nella realizzazione degli impianti:

2.1 Norme UNI

- UNI EN 11248:2016 "Selezione delle categorie illuminotecniche nelle strade";
- UNI EN 13201-1:2015 "Individuazione delle classi illuminotecniche";
- UNI EN 12464-1:2011 "Illuminazione dei luoghi di lavoro in interno"
- UNI EN 12464-2:2011 "Illuminazione dei luoghi di lavoro in esterno"
- Rapporto tecnico CEN/TR 1320 I-I " Illuminazione stradale - Parte I : selezione delle classi di illuminazione" ;
- UNI I0819 "Illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso".

2.2 Norme CEI

- CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";
- CEI 8-6 "Tensione nominale per i sistemi di distribuzione pubblica dell'energia elettrica a bassa tensione";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo";
- CEI 11-27 "Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- CEI 11-28 "Guida d' applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione";
- CEI EN 61439 (CEI 17-113) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)
- CEI 20-40 "Guida per l'uso di cavi a bassa tensione";
- CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V In corrente alternata e a 1500V in corrente continua";
- CEI-UNEL 35026 "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o tenoplastica per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500V in corrente continua".

2.3 Criteri Ambientali Minimi

- Acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica (approvato con DM 27 settembre 2017, in G.U. n 244 del 18 ottobre 2017)

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 8 di 76</p> |
|---|--|

2.4 Altre Norme

- Cavi elettrici: Normativa CPR sui cavi elettrici in vigore dal 01/07/2017.
- Legislazione sul contenimento dell'inquinamento luminoso, in particolare come riferimento alla regola dell'arte viene presa a riferimento LINEE GUIDA PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E RELATIVO CONSUMO ENERGETICO (ART. 19 COMMA 1. L.R. 29 MAGGIO 2007, N. 2) come di seguito specificato:

2.5 Regione Sardegna

Di seguito si riporta un estratto delle linee guida dalla Regione Sardegna (ART. 19 COMMA 1. L.R. 29 MAGGIO 2007, N. 2).

In tutto il territorio regionale, tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna pubblica e privata devono essere eseguiti nel rispetto dei criteri di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico; devono essere corredati di dichiarazione di conformità alle presenti disposizioni e devono possedere contemporaneamente i seguenti requisiti minimi:

- I. essere costituiti da apparecchi illuminanti aventi un'intensità luminosa massima di 0 candele (cd) per 1000 lumen di flusso luminoso totale emesso a 90 gradi ed oltre (la rilevazione di tale valore può essere compreso nel range di 0 - 0,49 cd. in virtù dell'errore strumentale della misurazione del valore 0);
- II. essere equipaggiati con lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, quali al sodio ad alta o bassa pressione, ovvero di lampade con almeno analoga efficienza in relazione allo stato della tecnologia e dell'applicazione, in luogo di quelle con efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a Ra=65, ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w, solo nell'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e centri storici in zone di comprovato valore culturale e/o sociale ad uso esclusivamente pedonale. I nuovi apparecchi d'illuminazione a led possono essere impiegati anche in ambito stradale comunque solo nel rispetto del presente punto 1 e se l'efficienza delle sorgenti è maggiore di 90 lm/w.;

Avere luminanza media mantenuta delle superfici da illuminare e illuminamento non superiore ai livelli minimi previsti dalle norme tecniche di sicurezza ovvero in assenza di queste, valori omogenei di luminanza media mantenuta contenuta entro il valore medio di 1 cd/m². In ogni caso dovranno essere rispettati i seguenti elementi guida:

- a. classificazione delle strade in base a quanto disposto dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e ss.mm.ii. In particolare, le strade residenziali devono essere classificate di tipo F, di rete locale, ad esclusione di quelle urbane di quartiere, tipo E, che sono di penetrazione verso la rete locale;
- b. impiego, a parità di luminanza, di apparecchi che conseguano, impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni ottimali di interasse dei punti luce e ridotti costi manutentivi. In particolare, i nuovi impianti di illuminazione stradali tradizionali, fatta salva la prescrizione dell'impiego di lampade con la minore potenza installata in relazione al tipo di strada ed alla sua categoria illuminotecnica, devono garantire un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3,7. Sono consentite soluzioni alternative, solo in presenza di ostacoli quali alberi, o in quanto funzionali alla certificata e documentata migliore efficienza generale dell'impianto. Soluzioni con apparecchi lungo entrambi i lati della strada (bilaterali frontali e quinconce) sono accettabili, se necessarie, solamente per carreggiate con larghezza superiore a 10 metri o per cui sono richieste luminanze superiori o uguali a 1.5cd/m²;

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 9 di 76</p> |
|---|--|

- c. orientamento su impianti a maggior coefficiente di utilizzazione, senza superare i livelli minimi previsti dalle normative illuminotecniche italiane ed europee in vigore alla data di pubblicazione delle presenti linee guida e garantendo il rispetto dei valori di uniformità e controllo dell'abbagliamento previsto da dette norme;

Essere provvisti di appositi dispositivi, applicati puntualmente su ciascuna lampada o in generale sull'intero impianto, in grado di ridurre e controllare il flusso luminoso in misura superiore al 30% rispetto al pieno regime di operatività entro le ore 24 o comunque entro l'orario stabilito dalle Amministrazioni Comunali; la riduzione non va applicata qualora le condizioni d'uso della superficie illuminata siano tali da comprometterne la sicurezza. Lo spegnimento alternato o parziale degli apparecchi illuminanti, con conseguente generazione al suolo di zone alternate di luce e ombre, è consentito esclusivamente qualora vengano rispettati i requisiti di sicurezza di uniformità o in aree circoscritte (es. parcheggi, parchi e ambiti privati) in cui non siano richiesti requisiti di uniformità degli illuminamenti.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 10 di 76</p> |
|---|---|

3 CRITERI AMBIENTALI MINIMI

3.1 Riferimenti normativi

Nello sviluppo del presente progetto si sono adottati i CAM per quanto riguarda i seguenti servizi/forniture:

- Acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica (approvato con DM 27 settembre 2017, in G.U. n 244 del 18 ottobre 2017)

3.2 Caratteristiche tecniche minime

Efficienza luminosa e indice di posizionamento cromatico dei moduli LED

| | |
|--|--|
| <p>Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico (il sistema ottico è parte integrante del modulo LED)</p> <p>[lm/W]</p> | <p>Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico (il sistema ottico non fa parte del modulo LED)</p> <p>[lm/W]</p> |
| <p>≥ 105</p> | <p>≥ 120</p> |

Punti premianti vengono assegnati, per moduli a luce bianca ($R_a > 60$), se i diodi utilizzati all'interno di uno stesso modulo LED presentano una o entrambe le seguenti caratteristiche:

- variazione massima di cromaticità pari a $\Delta u'v' \leq 0,003$ misurata dal punto cromatico medio ponderato sul diagramma CIE 1976;
- variazione massima pari o inferiore a un'ellisse di MacAdam a 4-step sul diagramma CIE 1931.

3.2.1. Garanzia

- Per il corpo illuminante la garanzia on site deve essere di durata uguale o superiore a 5 anni.

3.2.2. Apparecchi per illuminazione stradale

| Proprietà dell'apparecchio di illuminazione | Valori minimi |
|---|---------------|
| IP vano ottico | IP65 |
| IP vano cablaggi | IP55 |
| Categoria di intensità luminosa | $\geq G^*2$ |
| Resistenza agli urti (vano ottico) | IK06 |

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 11 di 76</p> |
|---|---|

| | |
|---------------------------------|-----|
| Resistenza alle sovratensioni11 | 4kV |
|---------------------------------|-----|

3.2.3. Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione

Con riferimento alla tabella che segue, gli apparecchi d'illuminazione debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe C fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe B fino all'anno 2025 compreso e a quello della classe A, a partire dall'anno 2026.

Gli apparecchi d'illuminazione impiegati nell'illuminazione stradale, di grandi aree, rotatorie e parcheggi debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe A+ fino all'anno 2021 compreso, a quello della classe A++ fino all'anno 2023 compreso a quello della classe A+++ a partire dall'anno 2024.

| Classe energetica apparecchi illuminanti | INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA IPEA* |
|--|--|
| An+ | $IPEA^* \geq 1,10 + (0,10 \times n)$ |
| A++ | $1,30 \leq IPEA^* < 1,40$ |
| A+ | $1,20 \leq IPEA^* < 1,30$ |
| A | $1,10 \leq IPEA^* < 1,20$ |
| B | $1,00 \leq IPEA^* < 1,10$ |
| C | $0,85 \leq IPEA^* < 1,00$ |
| D | $0,70 \leq IPEA^* < 0,85$ |
| E | $0,55 \leq IPEA^* < 0,70$ |
| F | $0,40 \leq IPEA^* < 0,55$ |
| G | $IPEA^* < 0,40$ |

L'indice IPEA* che viene utilizzato per indicare la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione è definito nel paragrafo 4.2.3.8 del CAM.

3.2.4. Flusso luminoso emesso verso l'emisfero superiore

Fermo restando il rispetto delle altre specifiche tecniche definite in questo documento, gli apparecchi di illuminazione devono essere scelti ed installati in modo da assicurare che il flusso luminoso eventualmente emesso al di sopra dell'orizzonte rispetti i limiti indicati nella tabella che segue.

| | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Ambiti di installazione | LZ1 | LZ2 | LZ3 | LZ4 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 12 di 76</p> |
|--|--|

| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| Illuminazione stradale | U1 | U1 | U1 | U1 |
| Illuminazione di grandi aree, rotatorie, parcheggi | U1 | U2 | U2 | U3 |
| Illuminazione di aree pedonali, percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclopedonali e Illuminazione di aree verdi | U1 | U2 | U3 | U4 |
| Illuminazione di centro storico con apparecchi artistici | U1 | U3 | U4 | U5 |

- LZ1: ZONE DI PROTEZIONE - Zone protette e zone di rispetto come definite e previste dalla normativa vigente. Sono ad esempio aree dove l'ambiente naturale potrebbe essere seriamente danneggiato da qualsiasi tipo di luce artificiale ovvero aree nei dintorni di osservatori astronomici nazionali in cui l'attività di ricerca potrebbe essere compromessa dalla luce artificiale notturna. Queste zone devono essere preferibilmente non illuminate da luce artificiale o comunque la luce artificiale deve essere utilizzata solo per motivi legati alla sicurezza.
- LZ2: ZONE A BASSO CONTRIBUTO LUMINOSO - (Aree non comprese nella LZ1 e non comprese nelle Zone A, B o C del PRG) Aree rurali o comunque dove le attività umane si possono adattare a un livello luminoso dell'ambiente circostante basso.
- LZ3: ZONE MEDIAMENTE URBANIZZATE - (Aree comprese nelle Zone C del PRG) Aree urbanizzate dove le attività umane sono adattate a un livello luminoso dell'ambiente circostante medio, con una bassa presenza di sorgenti luminose non funzionali o non pubbliche.
- LZ4: ZONE DENSAMENTE URBANIZZATE - (Aree comprese nelle Zone A e B del PRG) - Aree urbanizzate dove le attività umane sono adattate a un livello luminoso dell'ambiente generalmente alto, con una presenza di sorgenti luminose non funzionali o non pubbliche

Come si vede dalla tabella, per l'illuminazione stradale, deve essere rispettata la categoria zenitale U1

La categoria di illuminazione zenitale (U) di ciascun apparecchio di illuminazione è definita sulla base del valore più alto tra quelli dei parametri UH e UL come nel seguito definiti:

| | | | | | |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------|
| Cat | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 |
| | (lm) | (lm) | (lm) | (lm) | (lm) |
| UH | <= 40 | <= 120 | <= 200 | <= 300 | <= 500 |
| UL | <= 40 | <= 100 | <= 150 | <= 200 | <= 250 |

Per la definizione degli angoli solidi sopra riportati viene utilizzata la seguente classificazione:

- UL (Up Low): questa zona comprende gli angoli steriradianti fra 90° e 100° verticali e 360° orizzontali. Questa parte contribuisce a larga parte dell'inquinamento luminoso, in assenza di ostacoli e se osservata da grandi distanze;
- UH (Up High): questa zona comprende gli angoli steriradianti fra 100° e 180° verticali e 360° orizzontali. Questa parte contribuisce all'inquinamento luminoso sopra le città.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 13 di 76</p> |
|---|---|

3.2.5. **Fattore di mantenimento del flusso e Tasso di guasto**

Per ottimizzare i costi di manutenzione, i moduli LED utilizzati nei prodotti debbono presentare, coerentemente con le indicazioni fornite dalla norma EN 62717 e s. m. e i., le seguenti caratteristiche alla temperatura di funzionamento t_p e alla corrente tipica di alimentazione:

| Fattore di mantenimento del flusso luminoso | Tasso di guasto (%) |
|---|---|
| L_{80} per 60.000 h di funzionamento | B_{10} per 60.000 h di funzionamento |

in cui:

- L_{80} : Flusso luminoso nominale maggiore o uguale all'80% del flusso luminoso nominale iniziale per una vita nominale di 60.000 h,
- B_{10} : Tasso di guasto inferiore o uguale al 10% per una vita nominale di 60.000 h

3.2.6. **Sistema di regolazione del flusso luminoso**

gli apparecchi di illuminazione debbono essere dotati di un sistema di regolazione del flusso luminoso conforme a quanto di seguito indicato:

il sistema di regolazione, ogniqualvolta possibile, deve:

- essere posto all'interno dell'apparecchio di illuminazione,
- funzionare in modo autonomo, senza l'utilizzo di cavi aggiuntivi lungo l'impianto di alimentazione; Nel caso del presente progetto sono adottati regolatori controllati via radio.

i regolatori di flusso luminoso devono rispettare le seguenti caratteristiche (per tutti i regolatori di flusso luminoso):

- Classe di regolazione = Campo di regolazione, espresso come frazione del flusso luminoso nominale da 1,00 a minore di 0,05,

Fermi restando gli altri requisiti di cui alla corrispondente specifica tecnica (criterio 4.2.3.11), il sistema di regolazione deve garantire una Classe di programmazione P1, cioè dispone di almeno 4 programmi di riduzione stagionali, uno per ogni stagione, con almeno 4 periodi di regolazione giornalieri programmabili con intervallo minimo di 10 min, nell'arco delle 24 h, nonché di almeno 4 cicli settimanali e periodici, che permettano di impostare regolazioni diverse durante la settimana o in alcuni periodi dell'anno, per esempio festività, con cambio automatico dell'ora legale/solare.

3.2.7. **Informazioni/istruzioni relative agli apparecchi d'illuminazione a LED**

L'offerente deve presentare per ogni tipo di apparecchio di illuminazione a LED, a seconda dei casi e secondo quanto specificato per ciascuna tipologia di apparecchio (Tipo A - apparecchi che utilizzano moduli LED per i quali

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 14 di 76</p> |
|---|---|

la conformità con la EN 62717 è stata provata, Tipo B - apparecchi che utilizzano moduli LED per i quali la conformità con la EN 62717 non è stata provata)18, almeno le seguenti informazioni:

- per gli apparecchi di illuminazione del Tipo A, i dati tecnici relativi al modulo LED associato all'apparecchio di illuminazione secondo la documentazione fornita dal costruttore del modulo LED e/o del LED package (es. datasheet, rapporto di prova riferito al LM80): marca, modello, corrente tipica (o campo di variazione) di alimentazione (I), tensione (o campo di variazione) di alimentazione (V), frequenza, potenza (o campo di variazione) di alimentazione in ingresso, potenza nominale (W), indicazione della posizione e relativa funzione o schema del circuito, valore di tc (massima temperatura ammessa), tensione di lavoro massima, eventuale classificazione per rischio fotobiologico, grado di protezione (IP), indicazione relativa a moduli non sostituibili o non sostituibili dall'utilizzatore finale. Per gli apparecchi di Tipo B non è dunque necessario fornire le specifiche informazioni relative al modulo a sé stante, ma i dati indicati precedentemente per il Tipo A saranno riferiti al modulo LED verificato nelle condizioni di funzionamento nell'apparecchio. La documentazione fornita dal costruttore dell'apparecchio di illuminazione potrà riferirsi a datasheet, rapporto di prova riferito al LM80, ecc. dei singoli package e sarà prodotta secondo i criteri di trasferibilità dei dati di cui alla EN 62722-2-1 e EN 62717;
- potenza nominale assorbita dall'apparecchio di illuminazione a LED (W), alla corrente di alimentazione (I) del modulo LED prevista dal progetto;
- flusso luminoso nominale emesso dall'apparecchio di illuminazione a LED (lm) a regime, alla temperatura ambiente considerata e alla corrente di alimentazione (I) del modulo LED previste dal progetto;
- efficienza luminosa (lm/W) iniziale dell'apparecchio di illuminazione a LED alla temperatura ambiente considerata e alla corrente di alimentazione (I) del modulo previste dal progetto;
- vita nominale del modulo LED associato, indicazione del mantenimento del flusso luminoso iniziale Lx e del tasso di guasto Bx (informazioni previste nei criteri precedenti);
- criteri/normativa di riferimento per la determinazione del fattore di mantenimento del flusso a 60.000 h (informazioni previste nei criteri precedenti);
- criteri/normativa di riferimento per la determinazione del tasso di guasto a 60.000 h (informazioni previste nei criteri precedenti); indice di resa cromatica (Ra);
- rapporti fotometrici redatti in conformità alla norma EN13032, più le eventuali parti seconde applicabili, emessi da un organismo di valutazione della conformità (laboratori) accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente;
- informazioni e parametri caratteristici dell'alimentatore elettronico dell'apparecchio di illuminazione (v. criterio 4.1.3.8);
- rilievi fotometrici degli apparecchi di illuminazione, sotto forma di documento elettronico (file) standard normalizzato (tipo "Eulumdat", IESNA 86, 91, 95 ecc.);
- identificazione del laboratorio che ha effettuato le misure, nominativo del responsabile tecnico e del responsabile di laboratorio che firma i rapporti di prova;
- istruzioni di manutenzione per assicurare che l'apparecchio di illuminazione a LED conservi, per quanto possibile, la sua qualità iniziale per tutta la durata di vita;
- istruzioni di installazione e uso corretto;

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 15 di 76</p> |
|---|---|

- istruzioni per l'uso corretto del sistema di regolazione del flusso luminoso; x istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento;
- identificazione di componenti e parti di ricambio;
- foglio di istruzioni in formato digitale;
- istruzioni per la pulizia in funzione del fattore di mantenimento dell'apparecchio di illuminazione.

3.2.8. Documento elettronico (file) di interscambio.

Questo criterio si applica a partire dal 1/1/2018. L'offerente deve fornire un documento elettronico (file) in linguaggio marcatore tipo XML utilizzabile in importazione e/o esportazione tra diversi DBMS (Data Base Management Systems) contenente almeno le seguenti informazioni relative agli apparecchi di illuminazione:

- descrizione e codice identificativo del prodotto,
- dati della sorgente luminosa,
- dati del laboratorio fotometrico,
- matrice fotometrica,
- dati della scheda tecnica richiesti dal presente documento,
- classificazione IPEA*.

3.2.9. Trattamenti superficiali

Rispetto ai trattamenti superficiali gli apparecchi d'illuminazione devono avere le seguenti caratteristiche:

- i prodotti utilizzati per i trattamenti non devono contenere:
 - Le sostanze soggette a restrizione per gli usi specifici di cui all'art.67 del Regolamento (CE) n. 1907/2006 presenti in Allegato XVII (restrizioni in materia di fabbricazione, immissione sul mercato e uso di talune sostanze, miscele e articoli pericolosi).
 - In concentrazioni maggiori a 0,1% p/p, le sostanze incluse nell'elenco delle sostanze candidate di cui all'art. 59 del Regolamento (CE) n.1907/2006 (ovvero le sostanze identificate come estremamente preoccupanti)²⁰ e le sostanze di cui all'art. 57 del medesimo Regolamento europeo (ovvero le sostanze incluse nell'allegato XIV "Elenco delle sostanze soggette ad autorizzazione") iscritte nell'elenco entro la data di pubblicazione del bando di gara
 - Le sostanze o le miscele classificate o classificabili, ai sensi del Regolamento (CE) n. 1272/2008 relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele, con le seguenti indicazioni di pericolo: cancerogeni, mutageni o tossici per la riproduzione, categorie 1A, 1B e 2 (H340, H341, H350, H350i, H351, H360F, H360D, H361f, H361d, H360FD, H361fd, H360Fd, H360Df) tossicità acuta, categorie 1 e 2 (H300, H304, H310, H330) pericoloso per l'ambiente acquatico (H400, H410, H411
- la verniciatura deve: avere sufficiente aderenza, essere resistente a nebbia salina, corrosione, luce (radiazioni UV), umidità.

| | |
|--|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p><i>Relazione tecnica impianti</i></p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 16 di 76</p> |
|--|---|

3.2.10. Garanzia

L'offerente deve fornire garanzia totale, per tutti i prodotti, valida per almeno 5 anni a partire dalla data di collaudo dei lavori, relativa alle caratteristiche e specifiche tecniche ed alle funzioni degli apparecchi nelle condizioni di progetto, esclusi atti di vandalismo o danni accidentali o condizioni di funzionamento anomale dell'impianto da definire nel contratto.

La garanzia deve includere anche il funzionamento del sistema di regolazione del flusso luminoso, ove presente.

Per lo stesso periodo l'offerente deve garantire la disponibilità delle parti di ricambio.

Le condizioni generali di garanzia debbono essere definite dall'Amministrazione coerentemente con le proprie aspettative ed esigenze.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 17 di 76</p> |
|---|---|

4 PROGETTO ILLUMINOTECNICO

4.1 Definizioni

4.1.1. Flusso luminoso

Il flusso luminoso è la quantità di luce emessa da una certa sorgente o apparecchio di illuminazione.

L'efficienza luminosa è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza elettrica assorbita (lm/W): è questa a dare la misura dell'economicità del corpo illuminante.

- Abbreviazione: Φ Phi
- Unità di misura: lm Lumen.

4.1.2. Intensità luminosa

L'intensità luminosa è la quantità di luce emessa in una certa direzione. Essa dipende in buona parte dagli elementi che guidano la luce, come ad esempio i riflettori. Il grafico che la rappresenta si chiama curva fotometrica (LVK).

- Abbreviazione: I
- Unità di misura: cd Candela

4.1.3. Illuminamento

L'illuminamento è la quantità di flusso luminoso che incide su una superficie. Gli illuminamenti necessari sono descritti dalle normative in materia (ad es. EN 12464 «Illuminazione di posti di lavoro»).

- Illuminamento: $E(lx) = \text{flusso luminoso (lm)} / \text{superficie (m}^2\text{)}$
- Abbreviazione: E
- Unità di misura: lx Lux

4.1.4. Luminanza

La luminanza è l'unica grandezza fotometrica percepita dagli occhi. Descrive l'impressione di luminosità che danno sia le sorgenti luminose che le superfici, e dipende soprattutto dal loro indice di riflessione (colore e superficie).

- Abbreviazione: L
- Unità di misura: cd/m²

4.1.5. Uniformità UO

Per svolgere le proprie mansioni visive è necessario che le differenze di luminanze non siano eccessive: pertanto non si deve scendere sotto un livello di uniformità

- $UO = E_{\min}/\bar{E}$.

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 18 di 76</p> |
|--|--|

4.1.6. Valutazione dell'abbagliamento UGR

Per valutare l'abbagliamento di tutti i corpi illuminanti disposti in un ambiente, si ricorre al metodo UGR, come previsto dalla normativa EN 12464-1 "Illuminazione dei luoghi di lavoro interni". A tale riguardo gli apparecchi più critici sono quelli a LED con singoli punti luce visibili e molto luminosi.

Le normative EN 12464 definiscono i valori limite UGR per le diverse attività e mansioni visive che non possono essere superati

- ≤ 16 disegni tecnici
- ≤ 19 lettura, scrittura, scuole, riunioni, lavoro al computer
- ≤ 22 industria e artigianato
- ≤ 25 lavori industriali grezzi
- ≤ 28 binari ferroviari, capannoni

4.1.7. Colorazione

La colorazione descrive l'aspetto cromatico della luce

| | Temperatura di colore [°K] | Aspetto | Associazione |
|-------------|-------------------------------|-----------|--------------|
| Ww (calda) | Fino a 3300 K | Rossiccio | Caldo |
| Nw (neutra) | 3300 – 5300 K | Bianco | Neutro |
| Tw (fredda) | Da 5300 K | Azzurro | Freddo |

4.1.8. Resa cromatica

La resa cromatica è la proprietà di una sorgente luminosa di restituire i colori (8 colori di prova, da R1 a R8) nel modo più fedele possibile rispetto a una sorgente di riferimento. Viene espressa con l'indice di resa cromatica Ra. (ingl.: Colour Rendering Index CRI). La resa cromatica migliore in assoluto è Ra = 100.

Le sorgenti luminose sono così classificate:

- Ra > 90 resa cromatica eccellente
- Ra > 80 resa cromatica buona

Nei posti di lavoro non si deve mai scegliere una resa cromatica inferiore ad 80.

4.1.9. Illuminazione verso l'alto

Tutti gli apparecchi luminosi utilizzati nel presente progetto hanno una percentuale di luce riflessa i diretta verso l'alto pari a 0%.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 19 di 76</p> |
|---|---|

4.1.10. Efficienza luminosa

L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza radiante (flusso radiante). Dimensionalmente è espressa in lumen/watt.

4.1.11. Valutazione corpi illuminanti

La fornitura dei corpi illuminanti sarà effettuata direttamente da ANAS utilizzando l'accordo quadro di fornitura relativo ai corpi illuminanti.

Conseguentemente la valutazione di tali elementi non è presente all'interno del computo metrico estimativo ma è presente nelle somme a disposizione della stazione appaltante.

Di seguito si riporta la valutazione economica per un riscontro con la voce di Quadro Economico.

| | |
|---|--|
| ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA PROGETTO DEFINITIVO T00IM00IMPRE01A <i>Relazione tecnica impianti</i> | File: T00IM00IMPRE01A Data: Giugno 2020 Pag. 20 di 76 |
|---|--|

| Codice | Descr. Sintetica | Unità Misura | Prezzo | Quant. | Importo |
|--------------|---|--------------|----------|-------------|--------------------|
| P.06.018.1.d | IMPIANTI TECNOLOGICI - ILLUMINAZIONE - ILLUMINAZIONE LED... O - FORNITURA - FLUSSO LUMINOSO DA 14.501 A 19.000 LUMEN | | | | |
| | <p>IMPIANTI TECNOLOGICI - ILLUMINAZIONE - ILLUMINAZIONE LED ... O - FORNITURA - - FLUSSO LUMINOSO DA 14.501 A 19.000 LUMEN Apparecchio di illuminazione certificato ENEC con struttura portante realizzata in alluminio pressofuso o estruso con profilo a bassissima esposizione al vento, vano porta lampada IP66 con accesso facilitato. Coperchi laterali in lamiera di acciaio AISI 304/316L. Sistema di dissipazione del calore concepito in modo tale da garantire per il gruppo ottico il mantenimento di almeno l'80% del flusso luminoso iniziale a temperatura ambiente esterna media pari a 25°C per un periodo di almeno 90.000 ore (L80B10) ed una vita media di almeno 110.000 ore in condizioni di normale funzionamento (TM21 - L70). Finitura superficiale con garanzia integrale di almeno 10 anni sulle lenti, su tutte le parti metalliche, comprende diversi stadi di pretrattamento dei materiali. La lampada è composta da una barra a led conforme alla norma EN62471 con "gruppo di rischio 1" (basso), con temperatura colore a 4000°K e resa cromatica CRI di almeno 75. Principali caratteristiche prestazionali: - Lenti di vetro piatte o di materiale similare che garantiscono un rendimento luminoso superiore al 90% all'esterno dell'apparecchio; - Driver regolabile con ingresso 1-10V o DALI per tele gestione; - Grado IK non minore di IK08; - Comprensivo di modulo per la gestione ad onde convogliate o ad onde radio; - Garanzia sull'intero prodotto di almeno 5 anni; - Classe di isolamento 2; - Cos f >0,9; - Grado di protezione non minore di IP65 conforme a EN60598-1; - Temperatura di funzionamento da -20°C a +50°C; - Alimentazione da 230V+/- 15% 50/60Hz; - Efficienza luminosa non minore di 110 lm/W. Completo di viteria in acciaio inox, accessori, attacco per fissaggio al palo o sbraccio e quanto altro occorra per l'installazione ed il cablaggio. Flusso luminoso netto reso all'esterno del proiettore. Apparecchio fornito con driver elettronico per applicazione outdoor, cablato in classe 2.</p> | cad | 559,35 € | 29,00 | 16.221,15 € |
| P.06.018.1.e | IMPIANTI TECNOLOGICI - ILLUMINAZIONE - ILLUMINAZIONE LED ... O - FORNITURA - FLUSSO LUMINOSO DA 19.001 A 24.000 LUMEN | | | | |
| | <p>IMPIANTI TECNOLOGICI - ILLUMINAZIONE - ILLUMINAZIONE LED ... O - FORNITURA - - FLUSSO LUMINOSO DA 19.001 A 24.000 LUMEN Apparecchio di illuminazione certificato ENEC con struttura portante realizzata in alluminio pressofuso o estruso con profilo a bassissima esposizione al vento, vano porta lampada IP66 con accesso facilitato. Coperchi laterali in lamiera di acciaio AISI 304/316L. Sistema di dissipazione del calore concepito in modo tale da garantire per il gruppo ottico il mantenimento di almeno l'80% del flusso luminoso iniziale a temperatura ambiente esterna media pari a 25°C per un periodo di almeno 90.000 ore (L80B10) ed una vita media di almeno 110.000 ore in condizioni di normale funzionamento (TM21 - L70). Finitura superficiale con garanzia integrale di almeno 10 anni sulle lenti, su tutte le parti metalliche, comprende diversi stadi di pretrattamento dei materiali. La lampada è composta da una barra a led conforme alla norma EN62471 con "gruppo di rischio 1" (basso), con temperatura colore a 4000°K e resa cromatica CRI di almeno 75. Principali caratteristiche prestazionali: - Lenti di vetro piatte o di materiale similare che garantiscono un rendimento luminoso superiore al 90% all'esterno dell'apparecchio; - Driver regolabile con ingresso 1-10V o DALI per tele gestione; - Grado IK non minore di IK08; - Comprensivo di modulo per la gestione ad onde convogliate o ad onde radio; - Garanzia sull'intero prodotto di almeno 5 anni; - Classe di isolamento 2; - Cos f >0,9; - Grado di protezione non minore di IP65 conforme a EN60598-1; - Temperatura di funzionamento da -20°C a +50°C; - Alimentazione da 230V+/- 15% 50/60Hz; - Efficienza luminosa non minore di 110 lm/W. Completo di viteria in acciaio inox, accessori, attacco per fissaggio al palo o sbraccio e quanto altro occorra per l'installazione ed il cablaggio. Flusso luminoso netto reso all'esterno del proiettore. Apparecchio fornito con driver elettronico per applicazione outdoor, cablato in classe 2.</p> | cad | 599,13 € | 85,00 | 50.926,05 € |
| | | | | Tot. | 67.147,20 € |

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 21 di 76</p> |
|---|---|

5 CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE

5.1 Premessa

Di seguito si riporta la disciplina illuminotecnica utilizzata per tutto il progetto degli interventi.

5.2 Aspetti generali

Nella individuazione delle nuove lampade di illuminazione pubblica si è tenuto conto dei requisiti normativi di quantità e qualità dell'illuminazione stradale e pedonale. Tali requisiti sono espressi in termini di livello ed uniformità di luminanza del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata, limitazione dell'abbagliamento; essi sono dati in funzione della classe di appartenenza della strada, la quale è definita in relazione al tipo ed alla densità del traffico veicolare e pedonale.

5.3 La classificazione illuminotecnica

La norma UNI EN 13201-2:2015 "Illuminazione stradale – Parte 2: Prescrizioni prestazionali" prevede tabelle con le classi illuminotecniche per le varie strade. La parte prima della norma, impiega le seguenti classificazioni:

- M (ex classe ME): Classe per strade, urbane o extraurbane, con traffico prevalentemente motorizzato e dove è possibile calcolare i valori di luminanza
- C (ex classe CE): Classe per strade motorizzate, pedonali, dove sono presenti zone di conflitto o dove non è possibile calcolare i valori di luminanza: strade commerciali, centri storici, rotonde, incroci, strade con pedoni e ciclisti, sottopassi
- P+HS (ex classe S+A): Classi per aree con utilizzi prevalentemente pedonali o ciclabili, strade residenziali, zone adiacenti alla carreggiata come corsie di emergenza, parcheggi, marciapiedi

Per le classi M vale la seguente tabella:

| Classe | Luminanza della carreggiata in condizioni di manto asciutto | | | Abbagliamento debilitante TI | Rapporto di prossimità |
|--------|---|--------------------|-------|------------------------------|------------------------|
| | L_{av} [cd/P2] | U_o (U_{ow}) | U_l | f_{TI} [%] | EIR |
| M1 | 2,00 | 0.40 (0,15) | 0.70 | 10 | 0,35 |
| M2 | 1.50 | 0.40 (0,15) | 0.70 | 10 | 0,35 |
| M3 | 1,00 | 0.40 (0,15) | 0.60 | 15 | 0,30 |
| M4 | 0.75 | 0.40 (0,15) | 0.60 | 15 | 0,30 |
| M5 | 0.50 | 0.35 (0,15) | 0.40 | 15 | 0,30 |
| M6 | 0.30 | 0.35 (0,15) | 0.40 | 20 | 0,30 |

- L è la luminanza media mantenuta e rappresenta il valore che assume la luminanza media del manto stradale nelle condizioni peggiori di invecchiamento ed insudiciamento dell'impianto di illuminazione
- U_o (L_{min}/L_{med}) è il rapporto fra la luminanza minima e media su tutta la strada

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 22 di 76</p> |
|---|---|

- UI (Lmin/Lmax) è il rapporto fra la luminanza minima e massima lungo l'asse di ciascuna corsia
- TI% rappresenta l'indice di abbagliamento debilitante, ovvero l'abbagliamento prodotto dai centri luminosi che può compromettere la visione senza necessariamente provocare una forte sensazione fastidiosa.
- SR è il rapporto tra l'illuminamento medio sulle fasce appena al di fuori dei bordi della carreggiata e l'illuminamento medio sulle fasce appena all'interno dei bordi.

Per le classi C vale la seguente tabella:

| Classe | Illuminamento della carreggiata in condizioni di manto asciutto | |
|--------|---|-------|
| | E_{av} [lx] | U_0 |
| C0 | 50 | 0.4 |
| C1 | 30 | 0.4 |
| C2 | 20 | 0.4 |
| C3 | 15 | 0.4 |
| C4 | 10 | 0.4 |
| C5 | 7.5 | 0.4 |

Per le classi P vale la seguente tabella:

| Classe | Illuminamento orizzontale | | Requisiti supplementari | |
|--------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | Illuminamento orizzontale | Illuminamento orizzontale minimo | Illuminamento verticale minimo | Illuminamento semicilindrico minimo |
| | $E_{h,av}$ [lx] | E_{min} [lx] | $E_{v,min}$ [lx] | $E_{sc,min}$ [lx] |
| P1 | 15,0 | 3,00 | 5,0 | 5,0 |
| P2 | 10,0 | 2,00 | 3,0 | 2,0 |
| P3 | 7,50 | 1,50 | 2,5 | 1,5 |
| P4 | 5,00 | 1,00 | 1,5 | 1,0 |
| P5 | 3,00 | 0,60 | 1,0 | 0,6 |
| P6 | 2,00 | 0,40 | 0,6 | 0,2 |

5.4 La categoria illuminotecnica delle strade

Per comodità di interpretazione e lettura del presente documento, si riporta un estratto del Prospetto 1 della norma UNI 11248:2016. Tale prospetto consente, noto il tipo di strada, di determinare la Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi.

| Tipo di strada | Descrizione del tipo di strada | Limite di velocità [km/h] | Categoria illuminotecnica di ingresso |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
|----------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 23 di 76</p> |
|---|---|

| | | | |
|-------|---|---------|-------|
| A1 | Autostrade extraurbane | 130-150 | M1 |
| | Autostrade urbane | 130 | |
| A2 | Strade di servizio alle autostrade extraurbane | 70-90 | M3 |
| | Strade di servizio alle autostrade urbane | 50 | |
| | Strade extraurbane principali | 110 | M3 |
| B | Strade di servizio alle strade extraurbane principali | 70-90 | M4 |
| | Strade extraurbane secondarie (C1 e C2) | 70-90 | M3 |
| | Strade extraurbane secondarie | 50 | M4 |
| C | Strade extraurbane secondarie con limiti particolari | 70-90 | M3 |
| | | 70 | |
| D | Strade extraurbane di scorrimento | 50 | M3 |
| | | 50 | |
| E | Strade urbane di inter quartiere | 50 | M3 |
| | Strade urbane di quartiere | 50 | |
| | Strade locali extraurbane (F1 e F2) | 70-90 | M3 |
| | | 50 | M4 |
| | Strade locali extraurbane | 30 | P3 |
| | Strade locali urbane | 50 | M4 |
| | Strade locali urbane: Centri storici, zone 30km/h, isole ambientali | 30 | C4 |
| F | Strade locali urbane: Altre situazioni | 30 | |
| | Strade locali urbane: Aree pedonali | 5 | |
| | Strade locali urbane: Centri storici, Aree pedonali | 5 | C5/P3 |
| | | 50 | |
| | Strade locali interzonali | 30 | |
| F bis | Itinerari ciclo pedonali | | P3 |
| | Strade a destinazione particolare | 30 | P3 |

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 24 di 76</p> |
|---|---|

E' possibile identificare tali classi con le classi ME/CE/SE indicate nella tabella 1a dalla norma EN 13201-2 attraverso la seguente tabella (tratta dalla tab.2 all. F - DGR 1732/15)

| Categoria | Classe EN 13201-2 | Categoria | Classe EN 13201-2 | Categoria | Classe EN 13201-2 |
|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|
| M1 | ME1 | C0 | CE1 | P1 | S1 |
| M2 | ME2 | C1 | CE2 | P2 | S2 |
| M3 | ME3b | C2 | CE3 | P3 | S3 |
| M4 | ME4a | C3 | CE4 | P4 | S4 |
| M5 | ME5 | C4 | CE5 | P5 | S5 |
| M6 | ME6 | C5 | CE6 | P6 | S6 |

5.4.1. **Categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e zone adiacenti**

Quando zone adiacenti o contigue prevedono categorie illuminotecniche diverse è necessario individuare le categorie illuminotecniche che presentano un livello luminoso comparabile secondo la tabella sotto riportata (tratta dalla tab.16 all. F - DGR 1732/15)

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| Cat | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | | | |
| <i>Luminanza [cd/m2]</i> | 2 | 1,5 | 1 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | | | |
| Cat | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | | |
| <i>E orizzontali [Lux]</i> | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7,5 | | | |
| Cat | | | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
| Cat | EV2 | EV3 | EV4 | EV5 | EV5 | EV5 | | | |

5.4.2. **Determinazione della categoria di progetto**

Per la valutazione della categorie di progetto, nei casi normali, si sono presi in considerazione i parametri di influenza confrontandoli con quelli indicati come livello base riportati nella tabella successiva. In caso di differenza, applicherà la relativa riduzione/aumento della categoria illuminotecnica evidenziata.

| Parametri di influenza | Tipo di strada | | | | | | | |
|------------------------|----------------|----|---|---|---|---|---|-------|
| | A1 | A2 | B | C | D | E | F | F bis |
| Flusso di traffico | elevato | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 25 di 76</p> |
|---|---|

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|---------|--------------|---|---|---------|---------|-----------------|
| Complessità campo visivo | elavata | normale | - | - | - | normale | - | |
| Zone di conflitto | - | - | Non cospicue | | | | - | - |
| Dispositivi rallentatori | - | - | - | - | - | - | assenti | |
| Rischio aggressione | - | - | - | - | - | - | normale | - |
| Pendenza media | - | - | - | - | - | - | - | <= 5% |
| Livello luminosità ambiente | - | - | - | - | - | - | - | Ambiente urbano |
| Pedoni | - | - | - | - | - | - | - | Non ammessi |

Parametri di influenza base

Dove:

- **Flusso di traffico motorizzato:** parametro di influenza che indica la percentuale della portata di servizio (massima quantità oraria di veicoli ammessi per la tipologia di strada considerata) valutata con riferimento alle condizioni istantanee di traffico. Si identifica con "elevato" se è superiore al 50% della portata massima di servizio, con "normale" se va dal 25 al 50% della portata massima di servizio, con "basso" se è inferiore al 25%.
- **Complessità del campo visivo:** parametro di influenza che, valutata la presenza di ogni elemento compreso nel campo visivo dell'utente della strada, indica quanto l'utente possa esserne confuso, distratto, disturbato o infastidito (es. cartelloni pubblicitari luminosi, stazioni di servizio fortemente illuminate, apparecchi di illuminazione non orientati correttamente, vetrine fortemente illuminate, ecc). Per "Elevata" si intende una quantità di oggetti tali da creare confusione o distrazione in virtù del numero e della frequenza con cui essi si presentano nel campo visivo dell'utente.
- **Zona di conflitto:** zona di studio nella quale flussi di traffico motorizzato si intersecano tra loro o si sovrappongono con zone frequentate da altri tipi di utenti. Si configurano come "cospicue" le zone di conflitto presenti in quantità tale da rappresentare più del 50% dell'area esaminata e "non cospicue" le zone di conflitto presenti in quantità inferiore al 50%;
- **Dispositivi rallentatori:** dispositivi applicati alla pavimentazione atti a rallentare il flusso del traffico;
- **Rischio di aggressione:** parametro che valuta il rischio di aggressione in una data zona di studio sulla base dell'analisi storica dei reati; se utilizzato nell'analisi di rischio, questo parametro deve essere validato dalle Forze dell'Ordine territorialmente competenti e dimostrato attraverso opportune analisi statistiche.
- **Pendenza media:** il rapporto tra il dislivello tra il punto di partenza e quello di arrivo e la distanza orizzontale.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 26 di 76</p> |
|---|---|

- **Livello luminoso dell'ambiente:** livello di illuminazione presente nella zona di studio in assenza dei corpi illuminanti considerati nel progetto; nelle zone urbane possono influenzare il livello medio di illuminazione ad esempio i proiettori per illuminazione architettonica orientati verso la strada, le vetrine dei negozi, i porticati illuminati ecc.
- **Pedoni:** parametro che valuta l'ammissibilità dei pedoni sulla strada.

La presenza dei parametri di influenza determina una variazione della categoria di ingresso come da tabella seguente:

| Parametro di influenza | reale livello | Variazione di categoria |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Flusso di traffico | < 50% della portata di servizio | -1 |
| | < 25% della portata di servizio | -2 |
| Complessità campo visivo | elevata | +1 |
| Zone di conflitto | cospicue | +1 |
| Zone di conflitto | assenti | -1 |
| Dispositivi rallentatori | presenti | -1 |
| Rischio aggressione | elevato | +1 |
| Pendenza media | Elevata cioè >5% | +1 |
| Livello luminoso dell'ambiente | elevato | -1 |
| Pedoni | ammessi | +1 |

A questi parametri di influenza base si aggiungono ulteriori parametri di influenza secondo la tabella seguente:

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 27 di 76</p> |
|---|---|

| Parametro di influenza | Nota | Possibile variazione di categoria illuminotecnica |
|--|---|---|
| Svincoli e/o intersezioni a raso | presenti | +1 |
| Abbagliamento | Ti < 8%, indice di intensità luminosa G6 e indice di abbagliamento D6 | -1 |
| Segnaletica | cospicua nelle zone conflitto | -1 |
| Prossimità di passaggi pedonali | Si veda paragrafo 3.1 | Da valutare |
| Uso di sorgenti a luce bianca o moduli LED | rapporto S/P elevato e campo di adattamento visivo mesopico | Da valutare |

Per le verifiche illuminotecniche degli impianti sono stati utilizzati software forniti dalle principali case produttrici di apparecchi illuminanti. Ne consegue che ci sono alcuni riferimenti a modelli specifici delle case suddette. I risultati dei calcoli sono comunque da ritenersi validi per tutti quei corpi illuminanti che possiedono ottiche con caratteristiche fotometriche simili a quelle degli apparecchi prescelti.

5.5 Coefficiente di manutenzione

Nel corso della vita di un impianto di illuminazione, il livello di illuminazione iniziale decresce progressivamente: la riduzione è dovuta a fattori ambientali, gestionali e di invecchiamento dei sistemi. Nella progettazione degli impianti di illuminazione è pertanto necessario prendere in considerazione questi fattori e predisporre un adeguato piano di manutenzione che consenta di limitare il deprezzamento dell'impianto.

Sulla base del Piano di Manutenzione che deve essere obbligatoriamente predisposto è possibile definire un Coefficiente di Manutenzione (MF) dell'apparecchio illuminante considerato, da adottare in sede di calcolo illuminotecnico, secondo quanto definito dalla CIE 154:2003 "The maintenance of outdoor lighting systems" o viceversa, sulla base del Coefficiente di Manutenzione adottato in sede di calcolo, va definito un piano di manutenzione adeguato.

Valutazioni per apparecchi di illuminazione a LED

In questo caso si suppone di avere un apparecchio illuminante dotato di modulo LED formato da una piastra costituita da 40 diodi LED con ottica secondaria applicata al di sopra di ogni diodo, grado di protezione IP66 per la parte ottica e ambiente esterno a basso inquinamento; la curva di decadimento del flusso luminoso dei diodi LED fornita dal produttore per una temperatura ambiente di 25°C e corrente di alimentazione pari a 525 mA e indicativa del parametro LLMF è la seguente:

PROGETTO DEFINITIVO

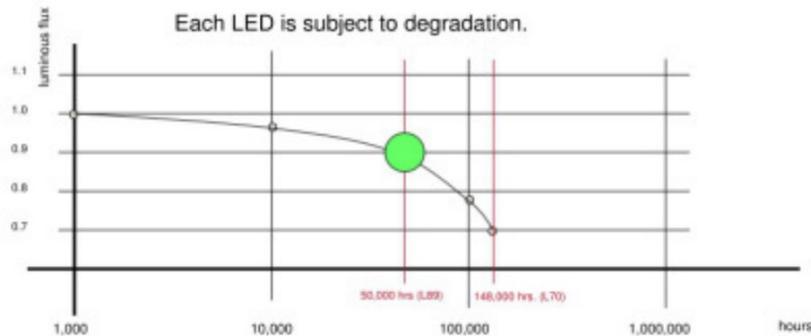
T00IM00IMPRE01A

Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

Data: Giugno 2020

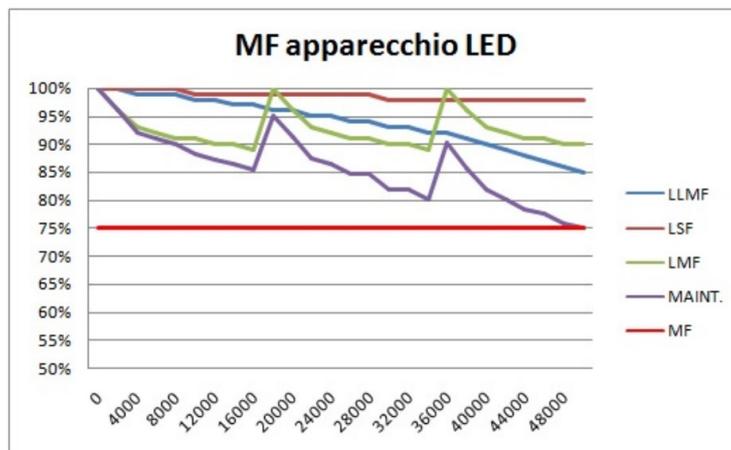
Pag. 28 di 76



I produttori LED, in base alle indicazioni contenute nei documenti IEC, devono fornire, oltre all'indicazione della perdita percentuale di flusso nel tempo, anche l'indicazione del failure rate relativa ad ogni diodo luminoso (ovvero quale percentuale della popolazione dei diodi mantiene il flusso luminoso indicato); in generale l'indicazione riporta la percentuale di flusso residua dopo un determinato periodo e la percentuale di diodi che mantengono le caratteristiche indicate senza rompersi. In riferimento alle analisi del produttore è possibile supporre che, per 50.000 ore di funzionamento alle condizioni sopra indicate, venga fornito un riferimento L85B90 (ovvero che dopo 50.000 ore di funzionamento a 25°C di temperatura esterna e alimentazione a 525 mA il 90% dei diodi manterrà un flusso luminoso pari all'85% del flusso iniziale).

Poiché la sorgente è costituita da più diodi luminosi LED, occorre valutare l'incidenza del parametro LSF. Il produttore, indicando un parametro L85B90 afferma che un 10% di diodi luminosi non garantiranno un flusso luminoso superiore all'85% di quello iniziale: questo non significa che ci sarà una rottura del 10% dei diodi luminosi allo scadere delle 50.000 ore ma semplicemente che il 10% di questi avrà prestazioni inferiori. Il calo delle prestazioni dovuto ad un failure rate del 10% viene considerato pari allo spegnimento del 2% dei diodi all'interno del modulo considerato (pari al fattore di 1/5 del failure rate indicato) allo scadere delle 50.000 ore.

In base ai dati di progetto e al programma di manutenzione tipico, di seguito si riporta l'andamento dei vari fattori nel tempo così come il coefficiente di manutenzione MF(t) indicato con la sigla MAINT per distinguerlo dal coefficiente di manutenzione MF adottato nel calcolo.



Come si rileva dal grafico riportato, il coefficiente di manutenzione MF adottato nel calcolo è pari al minore dei valori MF(t) durante la durata di vita considerata per l'apparecchio e uguale a 0,75.

Un aggiornamento tecnologico dal 2017 ad oggi, da parte dei produttori, sui valori di L85B90, suggeriscono di utilizzare nel calcolo illuminotecnico un valore di manutenzione pari a 0,8.

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con
la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

Data: Giugno 2020

Pag. 29 di 76

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 30 di 76</p> |
|---|---|

6 ANALISI DEI PARAMETRICI ILLUMINOTECNICI

6.1 Descrizione del tracciato

6.1.1. Sezione di progetto

La sezione di progetto prescelta è del tipo "strada extraurbana principale" di categoria B, in base alle nuove "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del 5 novembre 2001. La velocità di progetto è compresa fra 70 - 120 km/h. La portata di servizio per corsia è di 1000 veicoli equivalenti/ora.

La piattaforma è composta da due carreggiate, ciascuna composta di due corsie di 3.75m ciascuna, delimitate da una banchina in destra di larghezza 1.75m. Le due carreggiate sono separate da uno spartitraffico di larghezza 3.50m. In totale la piattaforma occupa una larghezza di 22.00m.

Il dispositivo di sicurezza centrale è costituito da una barriera metallica di classe **H3**, con un livello di larghezza utile **W6** e deformazione dinamica (2.50m -2b).

Nei tratti in rilevato, al margine esterno della piattaforma è posizionato un arginello di larghezza 1.25 m, su cui è innestato un sicurvia metallico di classe H3, stabilito in funzione della composizione dei flussi nelle percentuali fra traffico pesante e traffico leggero.

6.1.2. Viabilità complementare

Le rampe di svincolo sono unidirezionali o bidirezionali.

Le rampe unidirezionali hanno una corsia larga 4.00m, banchina in sinistra di larghezza 1.50m e banchina in destra di larghezza 1.00m. Ai lati della piattaforma sono posti due arginelli di larghezza 1.00m su cui sono impostati dei dispositivi sicurvia metallici di classe H3.

Le rampe di svincolo bidirezionali hanno due corsie larghe 3.50m e banchine laterali larghe 1.50m, per una larghezza complessiva della sede stradale pari a 10.00m. Ai lati della piattaforma si trovano arginelli di larghezza 1.00m su cui sono basati dispositivi di sicurvia metallici di classe H3.

Anche in questo caso i pali sono stati posizionati ad una distanza di 2.5m dal profilo interno della barriera.

6.2 Categoria illuminotecnica di progetto

La strada in oggetto appartiene sia alla rete primaria sia alla rete principale; serve un movimento di transito e distribuzione sulla rete secondaria; l'entità degli spostamenti è di media e lunga distanza.

La sezione di progetto prescelta è del tipo "strada extraurbana principale", categoria B, in base alle nuove "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del 5 novembre 2001. La velocità di progetto è compresa fra 70 -120 km/h. La portata di servizio per corsia è di 1000 veicoli equivalenti/ora.

Per tale tipo di strada le componenti di traffico ammesse sono limitate, **con l'esclusione di pedoni, veicoli a trazione animale e a braccia, velocipedi, motocicli e veicoli su rotaia.**

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 31 di 76</p> |
|---|---|

| Tipo di strada | Descrizione del tipo di strada | Limite di velocità [km/h] | Categoria illuminotecnica di ingresso |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| B | extraurbana principale | 110 | M3 |

Sono state fatte delle ipotesi sul tipo di traffico e sulle zone oggetto dei lavori e sono emerse le seguenti caratterizzazioni:

- flusso di traffico: **> 50% della portata** (nessuna riduzione)
- complessità del campo visivo: **normale** (riduzione di 1 categoria)
- zona di conflitto: **non presente** (nessuna riduzione)
- dispositivi rallentatori **assenti**;
- rischio di aggressione: **normale**;

Mentre i parametri aggiuntivi avremo invece:

- Svincoli o intersezioni: **presenti** (aumento di 1 categoria)
- Abbagliamento: **Normale**
- Segnaletica: **Normale**
- Pedoni: **Non Ammessi** (nessuna riduzione)

Sulla base dei parametri di influenza sopra indicate, viene mantenuta la categoria illuminotecnica di ingresso come categoria di progetto.

| Classe illuminotecnica | Valore di Luminanza media L_m [cd x m ²] | Uniformità minima U_o % | Uniformità minima U_1 % | Valore massimo dell'indice di abbagliamento debilitante TI % |
|------------------------|--|---------------------------|---------------------------|--|
| M3 | 1 | 40 | 60 | 15 |

Per quanto riguarda la pavimentazione stradale si prevede la seguente:

- Manto stradale: C2 (Q0=0.07)

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 32 di 76</p> |
|--|--|

6.3 Intersezione a raso con viabilità secondaria

In riferimento invece alle intersezioni con la viabilità secondaria, considerate le caratteristiche geometriche e funzionali, si è prevista l'applicazione delle categorie illuminotecniche della serie C. In particolare si è assunta la categoria illuminotecnica **C3**.

| Classe illuminotecnica | Valore di Illuminamento medio E_m [Lux] | Uniformità minima U_o % | Valore massimo dell'indice di abbagliamento debilitante TI % |
|------------------------|---|---------------------------|--|
| C3 | 15 | 40 | 15 |

6.4 Tipologia impianto illuminazione

Si prevede la seguente tipologia di impianto di illuminazione

- Pali stradali di altezza fuori terra (da livello stradale) di 8.00m senza sbraccio posti alla distanza di 2.50m dal filo interna della barriera (o dal bordo strada)
- Plinti prefabbricati per pali di illuminazione, di dimensione minima 1150x700x1000mm con pozzetto 40x40x40 e chiusino in ghisa C250 (vedi esempio sotto riportato)
- Proiettori a LED di potenza variabile a seconda della tipologia di strada con sistema di telecomando e dimmerazione ad onde radio

6.5 Calcoli illuminotecnici

I calcoli illuminotecnici, che si riportano in allegato, sono stati eseguiti mediante l'ausilio di opportuno software, da cui si evince che tutti i valori soddisfano i parametri illuminotecnici progettuali sopra citati e prescritti dalle norme.

Da notare che nel calcolo illuminotecnico sulla sezione stradale a 3 corsie della SS195 si sono soddisfatti i parametri di illuminamento ed uniformità per le corsie di accelerazione (e decelerazione) e per la corsia di marcia, ovvero per la sole zone di conflitto.

6.6 Contenimento dell'inquinamento luminoso

Lo studio per il contenimento dell'inquinamento luminoso è stato effettuato con riferimento alle prescrizioni contenute nella norma UNI 10819 "Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso".

Al fine di limitare la dispersione verso il cielo della luce artificiale, il progetto prevede l'utilizzo di apparecchi di illuminazione del tipo full cut-off con angoli di inclinazione, verso l'alto, pari a zero.

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">ANAS S.p.A.</p> <p style="text-align: center;">S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p style="text-align: center;"><i>T00IM00IMPRE01A</i> <i>Relazione tecnica impianti</i></p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 33 di 76</p> |
|--|---|

Come si evince dai calcoli illuminotecnici allegati, il valore del rapporto medio di emissione superiore (R_n), (indice che misura l'inquinamento luminoso) risulta essere praticamente trascurabile.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 34 di 76</p> |
|---|---|

7 PALI PER IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

7.1 Caratteristiche

Si prevede l'utilizzo di pali con le seguenti caratteristiche:

- Palo tronco conico diritto realizzato in acciaio S355 UNI EN 10025, con zincatura a caldo spessore 140 micron e trattamento superficiale di tipo TRIPLEX compreso immersione in bagno di zinco fuso in accordo con la Norme UNI EN ISO 1461 (EN 40-5) e verniciatura, idoneo per aree industriali e zone costiere con alta salinità di classe C5, con durata di 35 anni.
- Altezza fuori terra 8.00m, Senza sbraccio (altezza totale fino a 10m)
- Nella zona mediana di incastro del palo, per prevenirne la corrosione, è prevista una guaina termorestringente in poliolefina dalla lunghezza almeno di 40 cm (quest'ultima da applicare a caldo dopo la zincatura)

Il palo è completo delle seguenti lavorazioni ed accessori:

- Foro ingresso cavi posto con mezzeria a mm. 600 dalla base, avente dimensione di mm. 186x46;
- Supporto messa a terra, saldato al palo, per bullone M12, posizionato a mm. 900 dalla base;
- Asola per morsettiera posta con mezzeria a mm. 1800 dalla base, avente dimensioni di mm. 186x46;
- La sommità del palo è calibrata con diametro di mm. 60 per una lunghezza di mm. 200
- Portella in lega di alluminio verniciata, con guarnizione in gomma, grado di protezione IP 54 e con viti di chiusura in acciaio AISI 304
- Morsettiera in doppio isolamento, per cavi ingresso/uscita fino a 4 x 16 mm². con un portafusibile per protezione lampada

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 35 di 76</p> |
|--|--|

7.2 Scheda tecnica e calcoli

PALO CONICO Hf.t. 8m CON ARMATURA TESTA PALO Ipotizzando una quota base dal terreno di +11.5m

Nome Azienda: TECNOPALI S.r.l.
Strada Pizzolese 46/a - 43122 PARMA - Tel.05211479- Fax 05211479121
Mail tecnopali@tecnopali.it

Palo Palo CDI 8800/4 con armatura testa-palo - PORTO DI GENOVA

Riferimenti: EN40-3-1; EN40-3-3

| | | | | | |
|-----------------|------------------|----|-----------------------------|-----|----|
| Altezza fusto: | 8000 | mm | Infissione nel plinto c.a.: | 800 | mm |
| Tipologia: | Conico | | | | |
| sezione: | Circolare | | | | |
| Diametro base: | 148 | mm | | | |
| Diametro testa: | 60 | mm | | | |
| spessore fusto: | 4 | mm | | | |
| numero conci: | 20 | | | | |

Qualità acciaio: **S235 JR 100025**
 $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

Finestra (asola morsettiera)

| | | |
|--------------------|----------------|---------|
| Distanza da terra | 907 | mm |
| Dimensioni axb | 186x45 | mm x mm |
| raggio di raccordo | 20 | mm |
| tipo rinforzo | Non rinforzata | |

Configurazione: **Testa palo**



| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 36 di 76</p> |
|---|---|

Apparecchio illuminante

| | | |
|----------------------|------|----|
| Area esposta vento y | 0.15 | mq |
| Area esposta vento x | 0.08 | mq |
| Coefficiente cp | 1.00 | |
| Peso | 200 | N |
| Eccentricità orizz. | 200 | mm |
| Eccentricità vert. | 50 | mm |

Fattori parziali di sicurezza sui carichi
 carichi del vento 1.4 pesi 1.2

Classe di resistenza struttura A
 Coefficiente di sicurezza sul materiale 1.05

Cat. terreno/esposizione I
 Periodo di ritorno 25 anni

Vento di riferimento 28.00 V_ref,10 m/sec Coeff. dinamico 1.261
 Coeff. topografia 1.00
 Vento di calcolo 44.77 m/s, riferito alla pressione q(10)*Ce, a 10 metri di altezza
 Calcolo dell'azione Parametri EN40

Periodo vibrazione 0.694 sec

Carichi al basamento

| | N [N] | V [N] | M [Nm] | Mt [Nm] |
|---------|-------|-------|--------|---------|
| Vento X | 2265 | 1407 | 9884 | 0 |
| Vento Y | 2265 | 1407 | 9794 | 0 |

Verifica deformabilità vert. **SODDISFATTA**
 Classe di deformabilità **CLASSE 1**

Freccia verticale 0.02 mm
 Freccia orizzontale max. 215.5 mm

Verifica resistenza fusto **OK**

Coeff. Max sfruttamento 0.483 < 1

Verifica di resistenza asola **OK**

Coeff. Max sfruttamento 0.608 < 1

Verifica dell'infissione **OK**

Lungh. di infissione minima < 800 mm
 Classe calcestruzzo plinto Rck > 20 N/mm²

7.3 Verifica del plinto del palo

Vedi allegato

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

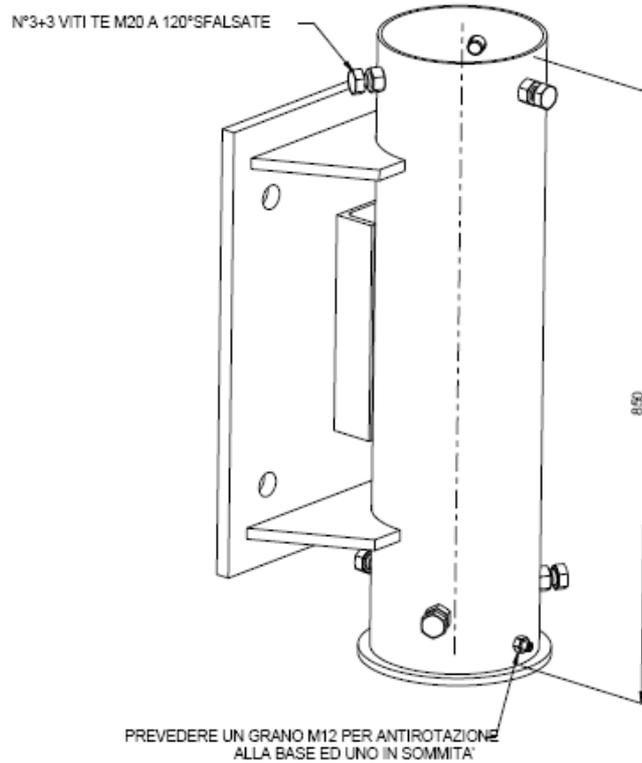
T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

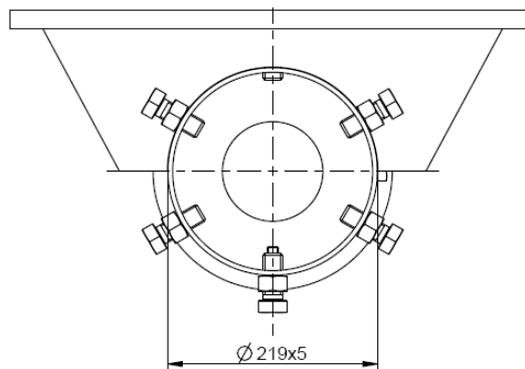
Data: Giugno 2020

Pag. 37 di 76

7.4 Staffa speciale per palo su ponte



VISTA DALL'ALTO

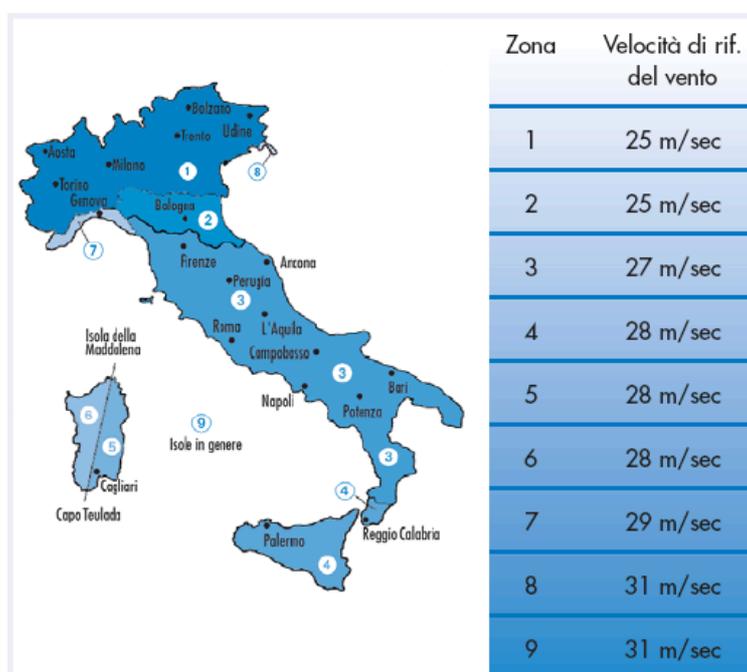


| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 38 di 76</p> |
|--|--|

7.5 Classificazione della zona di installazione

E' sostanziale il comportamento degli effetti del vento sulle strutture degli impianti di illuminazione a Genova. La normativa italiana suddivide il territorio nazionale in 9 zone (8 di terra, cui si aggiunge la zona 9 "isole e mare aperto"). A ciascuna zona è assegnata una specifica velocità base di riferimento a livello del mare $v_{b,0}$, da incrementare in funzione della quota del sito.

La zona da Cagliari a santa Margherita di Pula è classificata in "zona 5 – Sardegna".



7.6 Categoria del terreno

La categoria di terreno è definita in analogia alla "classe di rugosità" della Normativa italiana sui carichi:

- CAT I Costa marina. Costa di lago con lunghezza sopravvento di almeno 5 km. Terreno piano, senza ostacoli.
- CAT II Terreni coltivati cintati da siepi, qualche piccola costruzione agricola, case o alberi.
- CAT III Aree suburbane o industriali o foreste permanenti.
- CAT IV Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie è coperta da edifici con altezza media maggiore di 15 m.

Nel caso in esame si può assumere la categoria **CAT I**.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 39 di 76</p> |
|---|---|

7.7 Freccia dei pali di illuminazione

La norma UNI EN 40-3-3 specifica i requisiti per la progettazione dei pali di illuminazione mediante calcolo sullo stato limite di servizio. Lo stato limite di servizio corrisponde alla capacità portante del palo per illuminazione e corrisponde alla freccia massima. Le frecce calcolate devono essere minori di quelle di seguito classificate:

- Classe I – Freccia orizzontale massima: $0,04 * (h+W)$
- Classe II – Freccia orizzontale massima: $0,06 * (h+W)$
- Classe III – Freccia orizzontale massima: $0,10 * (h+W)$

Dove h è altezza fuori terra del palo in metri e W è lo sbraccio in metri

Nel caso del progetto, si prevede l'utilizzo di pali con **Classe di freccia I**.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 40 di 76</p> |
|---|---|

8 PROVVEDIMENTI PER LA PROTEZIONE DALLA CORROSIONE

8.1 Aspetti generali

In generale, la protezione dalla corrosione, per quanto attiene alla scelta del sistema protettivo ed alla conseguente predisposizione del manufatto, deve essere previsto fin dalla fase di progettazione dell'opera.

Di seguito viene riportato il grafico della corrosione in Italia secondo INTERGALVA 2018 in cui si nota come la strada Sulcitana sia inserita nella zona con maggior esposizione in quanto localizzato sulla costa marina.



In base alle Norme ISO 9223 e dalla UNI EN ISO 14713, possiamo definire quindi la classe di corrosività in funzione delle caratteristiche dell'ambiente di esposizione in condizioni tipiche delle zone temperate come da grafico INTERGALVA.

| Classificazione dell'ambiente e velocità di corrosione (perdita di spessore di zinco) | Ambienti esterni |
|--|--|
| <p>C5</p> <p>$4 < r_{\text{corr}} \leq 8 \mu\text{m}$</p> | <p>inquinamento molto grave (SO_2 fino a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ;</p> <p>aree con industrializzazione pesante</p> <p>costruzioni sulla linea di costa</p> |

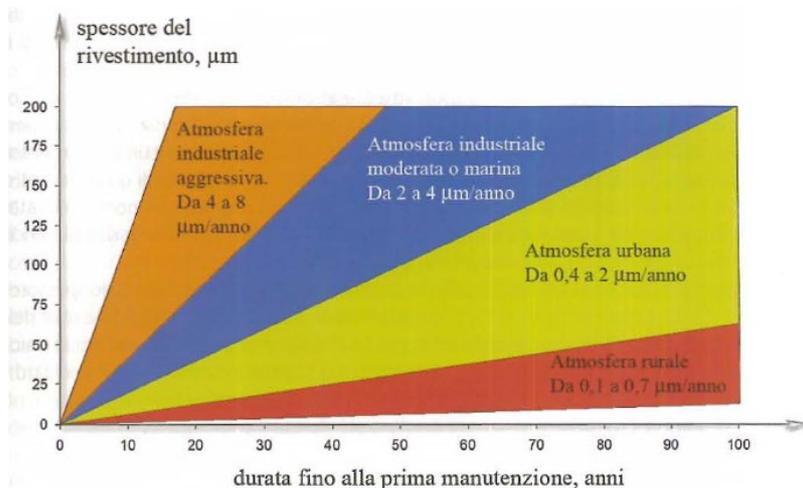
Infatti negli ambienti marini la corrosione è favorita dalla presenza di cloruro di sodio nell'aria.

I sistemi previsti per la protezione contro la corrosione sono i seguenti:

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 41 di 76</p> |
|---|---|

- Zincatura a caldo
- Verniciatura polvere
- Utilizzo di acciaio INOX AISI 316L per bulloneria

Nel caso di strutture zincate a caldo, nel grafico successivo viene rappresentata la velocità di corrosione in base all'ambiente esterno:



8.2 Durata delle opere e spessore della zincatura

Per le opere strutturali metalliche a servizio degli impianti elettrici si prevede una vita utile di 30anni.

Pertanto in presenza di ambiente marino (aggressivo) va considerata una perdita dello strato di zinco minima di 4 µm/anno da cui otteniamo che, per avere una garanzia di 50 anni di vita, lo spessore della zincatura deve essere di almeno **120 µm**.

8.3 Caratteristiche del sistema di zincatura a caldo

La struttura metallica deve essere oggetto di zincatura a caldo per immersione secondo le seguenti specifiche che dovranno essere attestate su un certificato emesso dalla zincheria:

- Tipo zincatura: A caldo per immersione a 450°C
- Norma: UNI EN ISO 1451:2009, UNI EN ISO 14713:2010 1 e 2
- Vita attesa: > 50 anni
- Marcatura zincatura: HIQUALIZINC
- Spessore minimo del rivestimento di zinco: 120 micron
- DOP secondo UNI EN 1090

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 42 di 76</p> |
|---|--|

8.4 Caratteristiche del sistema di verniciatura a polvere

Nel caso si previsto o prescritto, la verniciatura deve essere eseguita a polvere con colore a scelta della DL, secondo il seguente processo:

Verniciatura a polvere in conformità alla norma UNI EN 13438, con l'impiego di vernici in polvere TGIC free Quali-coat 1 o superiori, formulate specificamente per il rivestimento dell'acciaio zincato, in grado di offrire un'eccellente durabilità all'esterno ed un'ottimale ritenzione del colore. Spessore finale film superiore a 140 micron.

Per ottenere la massima prestazione, la verniciatura è composta dalle fasi di seguito descritte:

1. PREPARAZIONE MECCANICA della superficie dei manufatti mediante levigatura con abrasivi a grana fine, finalizzata ad uniformare lievi irregolarità presenti sulla superficie del rivestimento di zinco;
2. PREPARAZIONE CHIMICA: Lavaggio e conversione superficiale con processo nanoceramico, in modo da creare uno strato inorganico molto stabile e di grande compattezza per garantire elevate prestazioni di adesione della vernice nel tempo.
3. APPLICAZIONE POLVERI: la polvere impiegata risponde pienamente alle normative di BS6496:1984, BS6497:1984, Qualicoat Classe 1.
4. COTTURA IN FORNO, alla temperatura indicata dalle specifiche tecniche della polvere utilizzata (es. 160-200°C), verificata mediante strumento, fino a completa polimerizzazione.

Si precisa che il trattamento di verniciatura non può ridurre lo strato di protezione della zincatura a caldo che rimane un processo metallurgico del tutto diverso da quello della verniciatura.

Inoltre va considerato che la verniciatura può subire dello microfratture per le seguenti cause:

- Danneggiamento in fase di trasporto o montaggio
- Abrasione della sabbia contenuta nel vento

L'aspetto critico è che questi danneggiamenti non sono visibili nel momento del collaudo dell'opera e pertanto possono evidenziare i loro effetti anche alcuni anni dopo la messa in servizio. Viceversa, la zincatura a caldo, essendo appunto un processo metallurgico non è soggetto a queste criticità.

8.5 Durabilità totale del sistema protettivo

La durabilità totale del sistema protettivo, da intendersi come il periodo che trascorre fra applicazione e primo intervento manutentivo straordinario, è di **30 anni** (dati ricavati come da indicazioni contenute in UNI EN ISO 12944 e UNI EN SIO 14713). Il primo intervento manutentivo straordinario è per norma previsto al grado di arrugginimento Ri3 secondo ISO 4628-3.

8.6 Opere da proteggere contro la corrosione

Di seguito vengono riportate le opere strutturali previste nel progetto degli impianti, che dovranno essere protette contro la corrosione. Per ciascuna di esse viene indicato il sistema protettivo prescritto. Tale sistema va inteso come prescrizione minima da adottare.

| Opera | Sistema di protezione adottato |
|-------|--------------------------------|
|-------|--------------------------------|

| | |
|--|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p><i>Relazione tecnica impianti</i></p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 43 di 76</p> |
|--|---|

| | |
|---|--|
| Pali stradali per illuminazione pubblica | Zincatura a caldo spessore 120microm Verniciatura elettrostatica a polveri termoindurenti |
| Bulloneria in generale per uso esterno, per ogni tipo di montaggio, compreso scatole di derivazioni, ancoraggi, staffaggi, pannelli solari. | Acciaio INOX AISI 316L Separatore in teflon per evitare contatto con eventuale alluminio |

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 44 di 76</p> |
|---|---|

9 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

9.1 Opere di carattere generale

Le opere da eseguire sono sintetizzate di seguito:

- Realizzazione di scavi per posa di cavidotti;
- Posa di cavidotto per rete di illuminazione e distribuzione, con tubazioni in Pead a doppia parete corrugati esternamente e lisci internamente, del diametro pari a 160 mm e resistenza 450N.
- posa in opera di plinti prefabbricati per pali di illuminazione con pozzetti dim 40x40x40 e chiusini in ghisa C250.
- Posa in opera di pozzetti, con chiusino in ghisa D400, di dimensione 60x60x60
- Giunzioni per la derivazione delle corde di fase e di neutro, per ogni palo di illuminazione, realizzato con giunto a gel posto nel pozzetto
- Sigillatura dei tubi corrugati, in ogni pozzetto, con schiuma antiroditore.
- Installazione di pali in acciaio hft 8.00m, equipaggiati con lampade a LED.
- Al fine di razionalizzare e ridurre i costi di gestione e nel contempo di migliorare l'affidabilità e l'efficienza del servizio, si è prevista altresì la realizzazione di un sistema di gestione dell'impianto di illuminazione tramite sistema radio.

9.2 Punto di consegna dell'energia elettrica

Per tali opere si prevede n°2 allacciamenti elettrico trifase di potenza 3,00kW, uno per ogni quadro elettrico.

9.3 Cavi elettrici

Si prevede l'utilizzo dei seguenti cavi elettrici:

- rispondenti al (CPR) regolamento prodotti da costruzione EU 305/2011 con caratteristiche per livello di rischio e classe di prestazione specifico come da elenco voci di progetto (FG16OR16 - FG16R16 0,6/1 kV CPR Cca-s3,d1,a3), per le alimentazioni dei pali di illuminazione;

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 45 di 76</p> |
|--|--|

| | | |
|---|--|---|
|  | <p>FG16R16 / FG16OR16 0,6/1 kV CPR Cca-s3,d1,a3</p> <p>Cavi per energia e segnalazioni flessibili per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi. In accordo al Regolamento Europeo (CPR) UE 305/11 <i>Flexible or rigid power control cable for fixed installations not propagating fire and with low corrosive gas emission. G16 quality HEPR insulated. CPR UE 305/11</i></p> |  <small>Model Product: P10-P11 - 20200407</small> |
| <small>(Conforme alla direttiva BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 2) Regolamento CPR UE 305/11)</small> | <small>(Accordingly to the standards BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 2) CPR UE 305/11)</small> | |
| <p>Norme di riferimento</p> | <p>Standards</p> | |
| <p>CEI 20-13 IEC 60502-1 CEI UNEL 35318-35322-35016 EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016</p> | | |



- rispondenti al (CPR) regolamento prodotti da costruzione EU 305/2011 con caratteristiche per livello di rischio e classe di prestazione specifico come da elenco voci di progetto (FS17 0,6/1 kV CPR Cca - s3, d1, a3), per le corde di terra;

CPR (UE) n°305/11
Cca - s3, d1, a3

Regolamento Prodotti da Costruzione/Construction Products Regulation
Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014
Class according to standards EN 50575:2014 + A1:2016 and EN 13501-6:2014

DoP n°1018/17 (≤ 6 mm²)
DoP n°1023/17 (> 6 mm²)

CEI UNEL 35716
CEI EN 60332-1-2
2014/35/UE
2011/65/CE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications
Propagazione fiamma/Flame propagation
Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive
Direttiva RoHS/RoHS Directive



9.4 Quadri elettrici

Sono previsti due quadri elettrici:

- AL-GEq-1 – Quadro elettrico generale svincolo Saras Est
- AL-GEq-2 – Quadro elettrico generale svincolo Saras Ovest

Ogni quadro elettrico è composto da due colonne, sarà ospitato all'interno di una nicchia in c.a. di dimensioni indicative 1900x1900x700mm. La prima colonna avrà due scomparti: Uno scomparto superiore riservato al contattore ENEL, ed uno scomparto inferiore riservato al quadro utente.

Ogni quadro è costituito da n° 2 armadi CONCHIGLIA SMC GRAFI-7, Codice: 078708211, Sigla: G7-8/52/T-4, Dim: 685x1390x330 mm, IP: 44

Carpenteria: Stampati in SMC (vetroresina) - Colore grigio RAL 7040. Cerniere interne in resina termoplastica a base poliarillamidica rinforzata con fibra di vetro (IXEF). Parti metalliche esterne in acciaio inox elettricamente isolate con l'interno. Corpo serratura in vetroresina e integrato nello sportello. Maniglia in resina Poliammidica. Perno di manovra serratura in lega di alluminio. Aste e paletti in acciaio con trattamento Geomet 321.

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

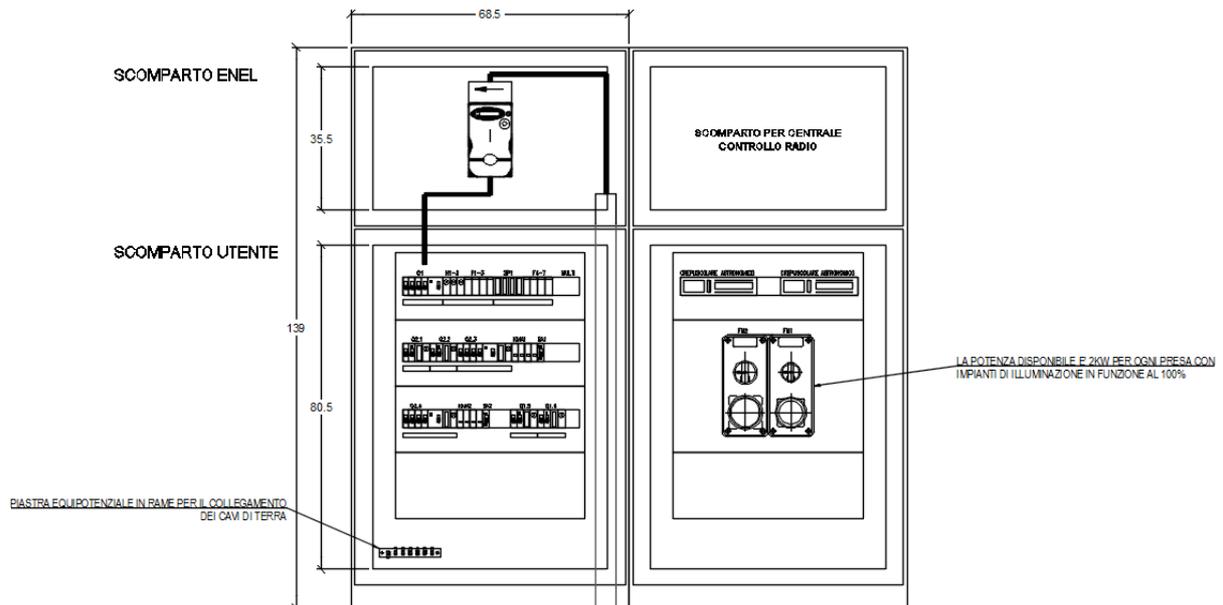
T00IM00IMPRES01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRES01A

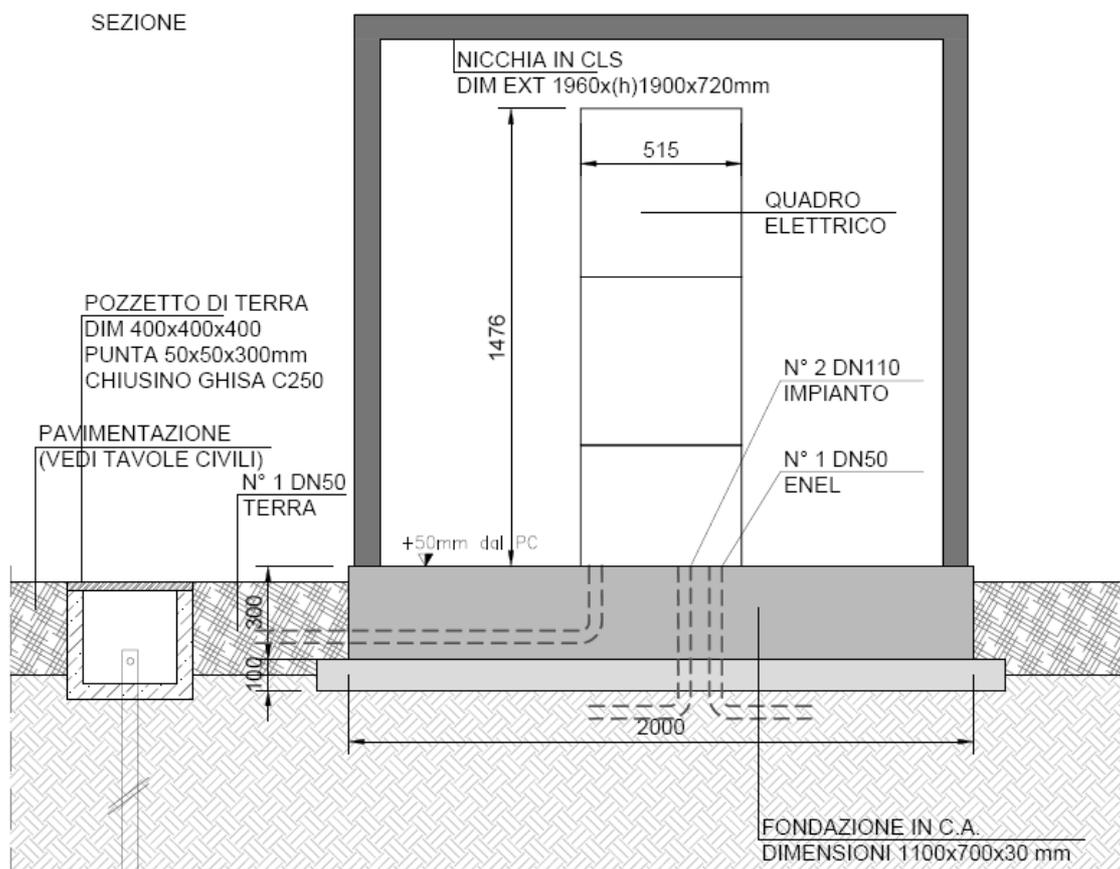
Data: Giugno 2020

Pag. 46 di 76

Caratteristiche: Conforme a norma CEI EN 62208. Tensione nominale di isolamento Ui 690V. Porte incernierate complete di chiusura tipo cremonese azionabile con maniglia a scomparsa e con chiusura in tre punti per garantire una perfetta aderenza dello sportello. Maniglie predisposte per cilindro a profilato DIN 18252 con chiave di sicurezza a cifratura Y21 (per vano inferiore) e Y12 (per vano superiore). Setto divisione vani completo di passacavi. Prese d'aria inferiori e sottotetto per ventilazione naturale interna. Parete di fondo dotata di inserti annegati di stampaggio in ottone per applicazione apparecchiature direttamente o attraverso piastra di fondo. Per posa autonoma a pavimento con telaio di ancoraggio (compreso nella fornitura). Grado di protezione IP 44 secondo CEI EN 60529, IK 10 secondo CEI EN 62262. Esecuzioni standard completa di serratura con leva a scomparsa.



| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 47 di 76</p> |
|---|---|



9.5 Verifica del plinto

Vedi allegato

9.6 Descrizione dei lavori

Per ogni lato dello svincolo (Est ed Ovest) gli impianti di illuminazione fanno capo ad un quadro generale localizzato nella zona di intersezione con la viabilità secondaria.

Gli impianti sono stati divisi nei seguenti:

- Circuito pali pari
- Circuito pali dispari

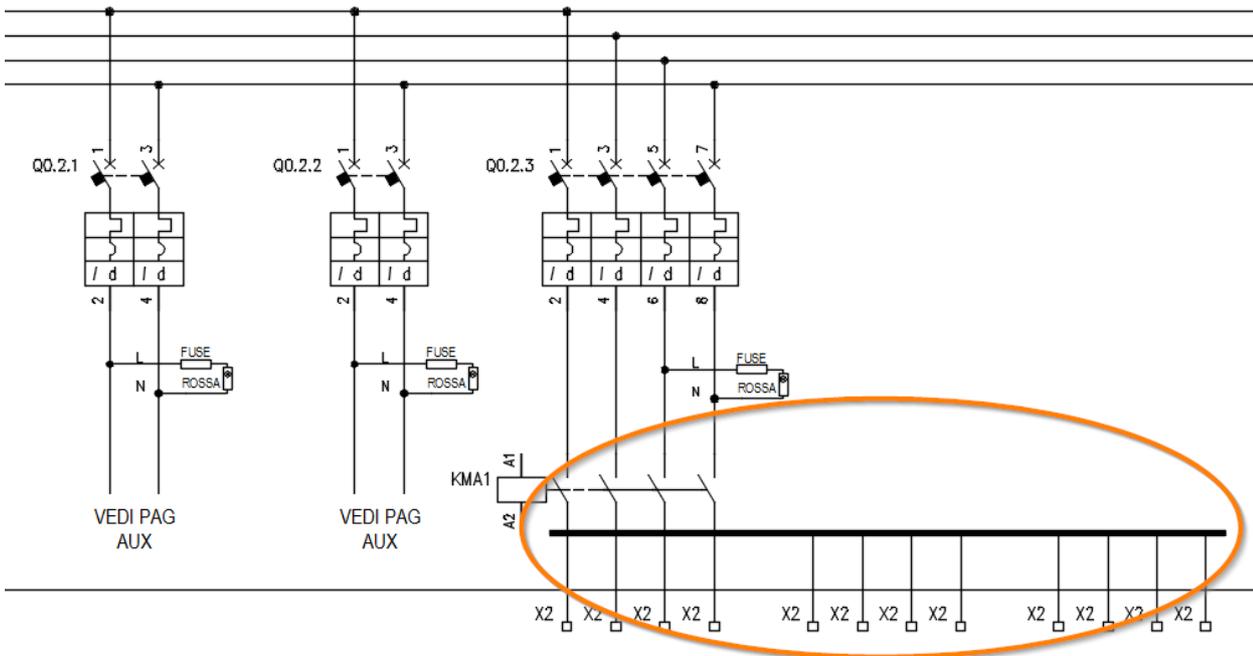
Ognuno dei due circuiti inoltre è suddiviso in 3 rami distinti quadripolari:

- Ramo A – SS 195
- Ramo B – Rampe

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

• Ramo C- Via

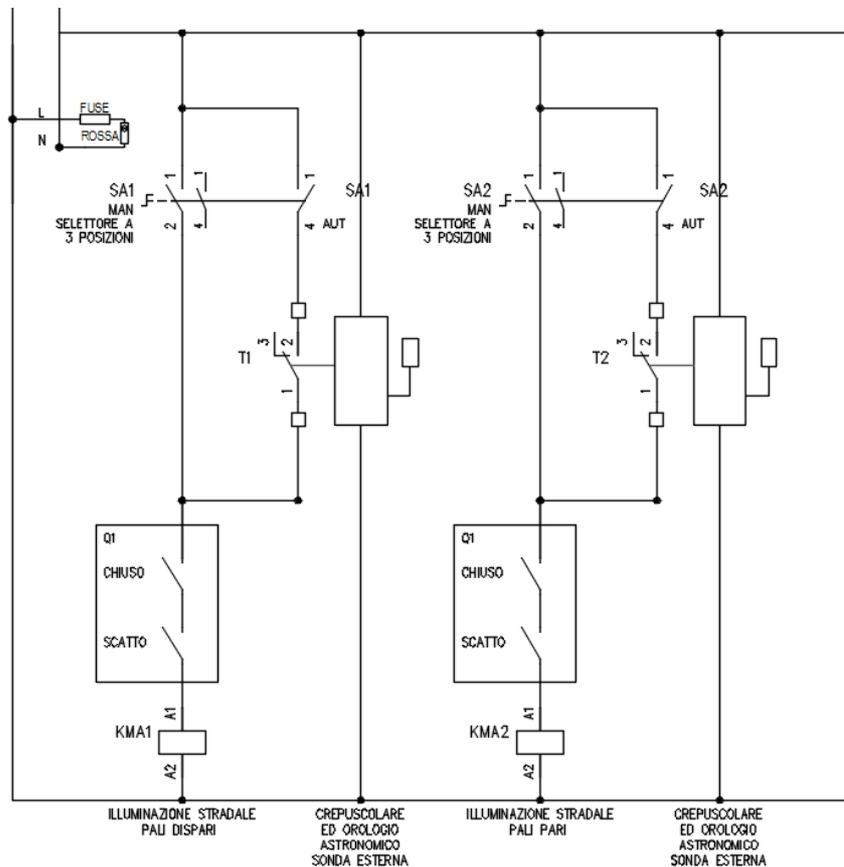


Ogni circuito inoltre è dotato di un proprio circuito ausiliario per l'accensione sia in base al valore di luminosità esterno sia in base ad un orologio astronomico.

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRES01A

Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRES01A**Data: Giugno 2020****Pag. 49 di 76**

La distribuzione principale lungo le strade verrà eseguita tramite 4 corde da 10mm² FG16R16 per ogni circuito pali pari e pali dispari. Le 2 quaterne di corde saranno posate all'interno di due cavidotti DN160 distinti, intervallati da pozzetti rompitratta 60x60x(h)120 ove necessario, e dai pozzetti 40x40x40, presenti nei plinti prefabbricati, posti con interasse corrispondente al pali di illuminazione.

All'interno di ogni pozzetto 40x40x40 verranno eseguite le derivazioni monofasi tramite giunti a gel IP67 privi di manutenzione. I giunti serviranno quindi per derivare:

- n° 2 corde 1x10 FG16R16 fino alla scatola con la morsettiera presente alla base del palo.
- n° 1 cavo FG16(o)R16 2x2,4 dalla morsettiera presente alla base del palo fino al corpo illuminante in sommità.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 50 di 76</p> |
|---|---|

10 ASPETTI COMUNI DI INSTALLAZIONE

10.1 Messa a terra dei pali e delle lampade stradali

Non è prevista la messa a terra dei pali e delle lampade stradali in quanto:

- Il corpo lampada è di CLASSE II, ovvero a doppio isolamento
- La morsettiera alla base del palo è di CLASSE II, ovvero a doppio isolamento
- Il cavo utilizzato sia per raggiungere la morsettiera dal pozzetto, sia per collegare il corpo lampada in testa al palo, è un cavo FG16OR16 a doppio isolamento.

10.2 Scorte di cavo nei pozzetti

All'interno di ogni pozzetto 60x60x(h)120, e 40x40x40, per ogni cavo passante dovrà essere prevista una scorta di almeno 1,5m ed, in ogni caso la scorta sarà tale da permettere l'estrazione del giunto GEL dal pozzetto.

10.3 Messa a terra dei quadri stradali

I quadri elettrici stradali saranno invece messi a terra tramite un punta di acciaio zincato di dimensioni 50x50x3000mm posta in un pozzetto 400x400x400 con chiusino in ghisa C250, collocato nei pressi del quadro o della nicchia contenete il quadro stesso.

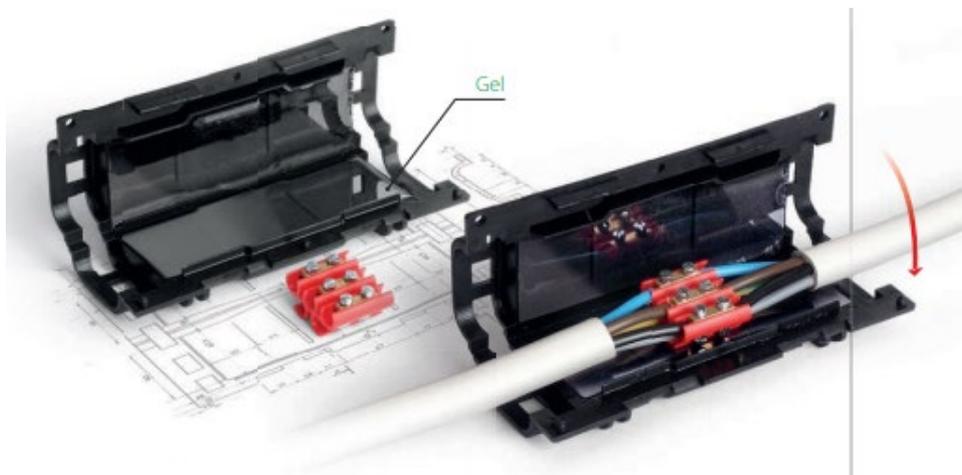
La punta sarà collegata alla barra di terra del quadro con un corda di rame FS17 da 25mmq

10.4 Sistemi di giunzione per cavi elettrici

I sistemi elettrici di distribuzione necessari per alimentare gli impianti di illuminazione degli svincoli richiedono la giunzione dei cavi nei pozzetti di derivazione. Malgrado queste giunzioni si possano fare con scatole di derivazioni e morsetti volanti interni, l'esperienza ha dimostrato che il modo migliore per ottenere una garanzia del grado di protezione nel tempo è utilizzare giunti con gel isolante.

Si prevede pertanto l'utilizzo di giunti a gel nei quali la presenza del gel, in stretto contatto con le parti attive in rame dei cavi, impedisce il contatto con l'aria e con l'umidità impedendo quindi il formarsi dell'ossidazione ed il conseguente deterioramento della giunzione. Infine, ma non meno importante, la mancanza di morsetti a stringere in aria, determina l'assenza problemi di allentamento e quindi l'eliminazione di interventi di manutenzione con conseguente riduzione dei costi.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 51 di 76</p> |
|---|---|



Nel caso di giunto tra un corda FG16R16 ed un filo del cavo FG16(o)R16 dovranno essere poste in opera sul filo delle guaine termo restringenti con sigillante per la ricostruzione / ripristino della protezione offerta dalla guaina esterna del cavo FG16.

10.5 Sistema gestionale di telecontrollo

Tutti i corpi illuminanti saranno dotati di interfaccia ad onde radio. La centrale di controllo è prevista all'interno del quadro elettrico stradale e consente di gestire tutti i punti luminosi..

Tramite il sistema radio dovranno essere programmate le seguenti funzionalità:

- Impostazione della riduzione di flusso per ciascuna lampada in modo garantire il rispetto dei valori di calcolo illuminotecnico.
- Le fasce orarie di riduzione notturna ed il valore di riduzione
- Gli scenari che saranno specificati in fase esecutiva.

In alternativa (o in caso di guasto) del sistema radio, nel quadro elettrico è presente una gestione elettromeccanica delle accensioni tramite interruttori crepuscolari, uno per i pali pari ed uno per i pali dispari, asserviti anche da sistema con orologio astronomico e giornaliero. Questo sistema potrà essere utilizzato in backup in caso di fuori servizio del sistema radio.

10.6 Criteri di dimensionamento delle linee

Il dimensionamento elettrico delle linee è stato eseguito adottando il criterio termico e tenendo conto di eventuali futuri ampliamenti della richiesta di potenza elettrica. Per le linee elettriche di nuova installazione sono state calcolate la massima caduta di tensione, avendo cura di verificare che esse non superassero quelle massime ammesse, pari al 5% della tensione nominale dell'impianto.

10.7 Criteri di dimensionamento delle misure di sicurezza e protezione

Le misure di sicurezza e protezione devono essere scelte al fine di salvaguardare sia le persone sia l'impianto elettrico dalle sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche che possono destarsi nell'impianto stesso a causa di malfunzionamenti delle apparecchiature o per cause accidentali.

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 52 di 76</p> |
|---|--|

In base a quanto prescritto dalla norma CEI 64-8 sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

- protezione contro i contatti diretti.
- protezione contro i contatti indiretti;
- protezione contro le correnti di corto circuito;

Si precisa che non sono state prese in considerazione le protezioni contro i sovraccarichi. In quanto gli impianti di illuminazione si considerano non soggetti a sovraccarico.

La protezione contro i contatti diretti è effettuata mediante i seguenti sistemi:

- isolamento delle parti attive con isolante che può essere rimosso solamente mediante distruzione;
- adozione di involucri o barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IPXXB per le parti attive; le superfici superiori orizzontali delle barriere o degli involucri che sono a portata di mano devono avere un grado di protezione non inferiore a IPXXD;
- adozione di interruttori differenziali con corrente nominale d'intervento non superiore a 30 mA, a protezione delle linee di alimentazione degli impianti di illuminazione.

La protezione contro i contatti indiretti di tutte le masse dell'impianto elettrico è effettuata mediante due sistemi differenti a seconda che i componenti siano in classe I o II di isolamento:

a) *parti in classe I* : effettuata in corrispondenza dei quadri di potenza con impianto di terra locale collegato alle masse del controllore e coordinato con dispositivo di interruzione automatica ad intervento differenziale. Pertanto, tale sistema di protezione ha la funzione di interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito in modo che in caso di guasto tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione non possa persistere una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale (50 V in corrente alternata).

In accordo all'art. 413.1.4.2 deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_A * I_A < 50$$

dove si è indicato con:

- R_A [Ohm] : resistenza del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse;
- I_A [A] : corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione.

Nel caso in cui il dispositivo di protezione è a corrente differenziale, I_A coincide con la corrente nominale differenziale $I_{\Delta n}$;

b) *parti in classe II*: per quanto riguarda tutti i componenti a valle del quadro di potenza (apparecchi di illuminazione, cavi elettrici) non si prevede messa a terra, in quanto si è previsto l'uso di componenti elettrici in classe II o con isolamento equivalente osservando quanto indicato all'art. 413.2 della norma CEI 64-8. Pertanto tale sistema di protezione ha la funzione di impedire il manifestarsi di una tensione pericolosa sulle parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto dell'isolamento principale.

Si considerano in classe II di isolamento, in accordo alle prescrizioni indicate all'art. 413.2 della norma CEI 64-8, le condutture elettriche costituite da cavi con guaina non metallica, che non comprendano un rivestimento metallico, aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 53 di 76</p> |
|---|---|

Per quanto attiene la protezione contro le correnti di corto circuito, devono essere seguite le prescrizioni indicate alla sezione 434 della norma CEI 64-8. Ogni linea deve essere protetta da un dispositivo di protezione che deve rispondere alle due condizioni seguenti:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione;
- tutte le correnti provocate da un corto circuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile; cioè, deve essere rispettata la seguente disuguaglianza:

$$I^2t < K^2S^2$$

dove si è indicato con:

- S : sezione della linea
- I^2t : potenza specifica passante dell'interruttore a protezione della linea:
- K=115 per cavi in rame con isolamento in PVC;
- K=146 per cavi in rame con isolamento butilico o in EPR.

10.8 Scelta dei componenti e del loro grado di protezione

Secondo quanto indicato all'art. 714.5 della norma CEI 64-8, tutti i componenti elettrici devono essere scelti devono avere, per costruzione o per installazione almeno il grado di protezione IP33.

Per i componenti interrati o installati in pozzetti occorre un grado di protezione:

- IPX7 se è previsto drenaggio;
- IPX8 se è previsto un funzionamento prevalentemente sommerso.

10.9 Dispersori di terra

I dispersori di terra devono essere per materiale, dimensioni minime e collocazione, rispondenti alle prescrizioni indicate alla sezione 542.2 della norma CEI 64-8.

In corrispondenza del pozzetto di terra nei pressi del quadro elettrico, sarà interrato un picchetto a croce in acciaio zincato di lunghezza 3m, che sarà connesso con la barra di terra del quadro generale.

10.10 Condutture

I conduttori di fase e di neutro dei cavi non devono avere sezione inferiore a quanto indicato all' art. 524 della norma CEI 64-8.

La portata di corrente, in condizioni regolari di esercizio, deve essere tale da non superare le portate stabilite nelle tabelle CEI-UNEL 35024 e 35026 a seconda del tipo di cavo e delle condizioni di posa e temperatura del terreno.

La sezione dei conduttori di terra non sarà inferiore a quella indicata alla sezione 542.3 della norma CEI 64-8. La sezione dei conduttori di protezione non sarà inferiore a quella indicata alla sezione 543.1 della norma CEI 64-8.

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 54 di 76</p> |
|--|--|

11 PROCEDURA DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Nelle seguenti pagine sono riportati i parametri di calcolo, le formule e le ipotesi utilizzati per i dimensionamenti dei quadri elettrici e dei cavi di alimentazione che saranno utilizzati per la redazione del presente progetto.

11.1 Schede tecniche di verifica e calcolo

PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI (CEI 64.8/4 - 433.2)

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

| | | | |
|------|-------|---|---|
| dove | I_b | = | Corrente di impiego del circuito |
| | I_n | = | Corrente nominale del dispositivo di protezione |
| | I_z | = | Portata in regime permanente della conduttura |
| | I_f | = | Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione |

PROTEZIONE CONTRO I CORTO CIRCUITI (CEI 64.8/4 - 434.3)

$$I_{ccMax} \leq p.d.i.$$

$$I^2t \leq K^2 S^2$$

| | | |
|------|-------------|--|
| dove | I_{ccMax} | Corrente di corto circuito massima |
| | p.d.i. | Potere di interruzione apparecchiatura di protezione |
| | I^2t | Integrale di Joule dalla corrente di corto circuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione) |
| | K | Coefficiente della conduttura utilizzata 115 per cavi isolati in PVC 135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica 143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato |
| | S | Sezione della conduttura |

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI (CEI 64.8/4 - 413.1.3.3 / 413.1.4.2 / 413.1.5.3 / 413.1.5.5 / 413.1.5.6)

per sistemi TN: $Z_s \times I_a \leq U_0$

dove:

U_0 Tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra, in Volt

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 55 di 76</p> |
|--|--|

- Zs Impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo e di protezione tra punto di guasto e la sorgente.
- Ia Valore in ampere, della corrente di intervento in 5 sec. o secondo le tabelle CEI 64.8/4 - 41A e/o 48A del dispositivo di protezione.

11.2 Formule utilizzate dal programma di calcolo e verifica

CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

$$I_{cc} = \frac{V * C}{k * Z_{cc}}$$

dove

per Icc trifase: V = tensione concatenata

C = fattore di tensione

k = $\sqrt{3}$

Z_{cc} = $\sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2}$

per Icc fase-fase: V = tensione concatenata

C = fattore di tensione

k = 2

Z_{cc} = $\sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2}$

per Icc fase-neutro: V = tensione concatenata

C = fattore di tensione

k = $\sqrt{3}$

Z_{cc} = $\sqrt{(\sum R_{fase} + \sum R_{neutro})^2 + (\sum X_{fase} + \sum X_{neutro})^2}$

per Icc fase-protezione: V = tensione concatenata

C = fattore di tensione

k = $\sqrt{3}$

Z_{cc} = $\sqrt{(\sum R_{fase} + \sum R_{protez.})^2 + (\sum X_{fase} + \sum X_{protez.})^2}$

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 56 di 76</p> |
|---|---|

Il fattore di tensione e la resistenza dei cavi assumono valori differenti a seconda della corrente di cortocircuito calcolata. I valori assegnati sono riportati nella tabella seguente:

| | I_{ccMAX} | I_{ccmin} |
|----------|-------------------|---|
| C | 1 | 0.95 |
| R | $R_{20^{\circ}C}$ | $R = \left[1 + 0.004 \frac{1}{^{\circ}C} (\theta_e - 20^{\circ}C) \right] R_{20^{\circ}C}$ (CEI 11.28 Pag. 11 formula (7)) |

dove la $R_{20^{\circ}C}$ è la resistenza del cavo a 20 °C e θ_e è la temperatura impostata dall'utente nella impostazione dei parametri per il calcolo.

ENERGIA SPECIFICA PASSANTE

$$I^2t \leq K^2S^2$$

dove I^2t = valore dell'energia specifica passante letto sulla curva I^2t della protezione in corrispondenza delle correnti di corto circuito.

K^2S^2 = Energia specifica passante sopportata dalla conduttura

dove K = coefficiente del tipo di cavo (115,135,143)

S = sezione della conduttura

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 57 di 76</p> |
|---|---|

CADUTA DI TENSIONE

$$\Delta V = K \times I_b \times L \times (R_l \cos \varphi + X_l \sin \varphi)$$

| | | | |
|------|-------|---|--|
| dove | I_b | = | corrente di impiego I_b o corrente di taratura I_n espressa in A |
| | R_l | = | resistenza (alla TR) della linea in Ω/km |
| | X_l | = | reattanza della linea in Ω/km |
| | K | = | 2 per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi |
| | L | = | lunghezza della linea |

TEMPERATURA A REGIME DEL CONDUTTORE

Il conduttore attraversato da corrente dissipa energia che si traduce in un aumento della temperatura del cavo. La temperatura viene calcolata come di seguito indicato:

$$T_R = T_Z \times n^2 - T_A (n^2 - 1)$$

| | | | |
|------|-------|---|--|
| dove | T_R | = | è la temperatura a regime; |
| | T_Z | = | è la temperatura quando la corrente che attraversa il cavo è pari alla sua portata. |
| | n | = | è il rapporto tra la corrente d'impiego I_b e la portata I_z del cavo, ricavata dalla tabella delle portate adottata dall'utente (Unel 35024/70, IEC 364-5-523, CEI-Unel 35024/1). |

LUNGHEZZA MAX PROTETTA PER GUASTO A TERRA

Icc min a fondo linea > lint

| | | | |
|------|----------------------|---|---|
| dove | $I_{cc \text{ min}}$ | = | corrente di corto circuito minima tra fase e protezione calcolata a fondo linea considerando la sommatoria delle impedenze di protezione a monte del tratto in esame. |
| | I_{int} | = | corrente di corto circuito necessaria per provocare l'intervento della protezione entro 5 secondi o nei tempi previsti dalle tabelle CEI 64.8/4 - 41A, 41B e 48A. (valore rilevato dalla curva I^2t della protezione) o, infine, il valore di intervento differenziale. |

LUNGHEZZA MAX

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 58 di 76</p> |
|---|---|

Lunghezza massima determinata oltre che dalla lunghezza massima per guasto a terra, anche dalla corrente di corto circuito a fondo linea (se richiesta la verifica) e dalla caduta di tensione a fondo linea.

11.3 Commento ai risultati

Sulla base dei risultati sopra riportati si sono stabilite le caratteristiche degli interruttori bipolari e quadripolari magnetotermici sulle uscite protette dei quadri di comando e controllo.

Le correnti di corto circuito sono state calcolate nell'ipotesi di corto circuito di fondo linea per poter garantire l'intervento degli interruttori anche al verificarsi di detto evento. Le correnti calcolate risultano pertanto inferiori a quelle che si avrebbero nell'ipotesi di corto circuito ad una distanza inferiore.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 59 di 76</p> |
|---|---|

12 ALLEGATO – VERIFICA DEL PLINTO DEL PALO

12.1 PREMESSA

Il presente documento tratta la verifica del plinto di fondazione per i pali di illuminazione previsti lungo la sede stradale della viabilità principale e secondaria nell'ambito del progetto definitivo "S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari – Pulas; collegamento con la S.S. 130 e aeroporto Cagliari Elmas".

12.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 17 Gennaio 2018

Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018

12.3 PARAMETRI GEOTECNICI

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica del terreno si fa riferimento a quanto riportato nella relazione geologica datata Aprile 2020 (cod. elaborato T00GE00GEORE01A) e ai risultati della campagna di indagini geognostiche svolte nel sito di interesse. Si assumono i parametri geotecnici riportati nella tabella seguente.

| TERRENO | γ (KN/m ³) | ϕ (°) | c' (KPa) | E (MPa) |
|---------|-------------------------------|------------|------------|---------|
| Unità 1 | 19÷20 | 35÷39 | 0÷5 | 10÷30 |

La falda non interferisce con le opere previste a progetto.

12.4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

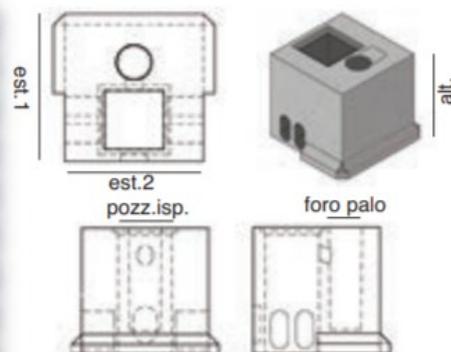
Il plinto di fondazione per i pali di illuminazione è realizzato mediante un pozzetto prefabbricato in c.a.v. con foro circolare per l'alloggiamento del palo e pozzetto di ispezione per il passaggio dei cavi di alimentazione. Il plinto prefabbricato ha dimensioni in pianta 1.0x1.0 m e altezza 1.0 metro, del tipo illustrato nella figura seguente. L'altezza massima del palo di illuminazione è 12.5 metri.

| | |
|---|---|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRE01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRE01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 60 di 76</p> |
|---|---|

100x100x100h

in cls vibrato armato

| | | | |
|---|-----------------------------|-----------|------|
| PLIN00100 | diam.26 x 81h | 40x40x94h | 1840 |
| PLIN00015 | Coperchio chiuso 47x47 est. | | |
| Altezza max palo senza sbraccio: | | | |
| ml.15,00 | Zona 1-2 | | |
| ml.14,80 | Zona 3-4-5-6-7 | | |
| ml.12,00 | Zona 8-9 | | |



12.5 ANALISI DEI CARICHI

I carichi agenti sul plinto di fondazione sono:

- Azioni permanenti G:
 - *peso proprio (PP)* con peso specifico del calcestruzzo assunto pari 18.4 kN/m³ (ricavato dal peso noto del pozzetto e considerato il volume vuoto per pieno dello stesso);
 - *peso dei permanenti portati* pari al peso proprio del palo e della lampada, pari a 1.7 kN.
- Azioni variabili Q:
 - azione del vento valutata secondo la normativa vigente.

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO secondo DM 14/01/2018

5) Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)

| | | | |
|---|-----------------|-----------|-------------|
| Zona | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s [1/s] |
| 5 | 28 | 750 | 0,015 |
| a_s (altitudine sul livello del mare [m]) | | 60 | |
| T_R (Tempo di ritorno) | | 50 | |
| $v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ | | | |
| $v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m | | | |
| v_b ($T_R = 50$ [m/s]) | | 28,000 | |
| $\alpha_R (T_R)$ | | 1,001 | |
| $v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s] | | 28,021 | |



p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ ($\rho = 1,25$ kg/mc)

| | |
|--------------|--------|
| q_b [N/mq] | 490,72 |
|--------------|--------|

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria di vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

| ZONE 1,2,3,4,5 | ZONA 6 | ZONE 7,8 | ZONA 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|----------|--------|-----|-----|----|---|---|----|-----|-----|----|----|----|---|----|---|-----|-----|----|----|---|---|----|----|----|-----|----|--|---|----|-----|----|---|---|---|----|----|-----|----|----|---|----|----|-----|-----|----|---|---|---|----|----|-----|--|---|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|-----|---|---|----|---|--|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>IV</td><td>IV</td><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>*</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td><td>II</td><td>III</td><td>**</td></tr> </table> | A | -- | IV | IV | V | V | V | B | -- | III | III | IV | IV | IV | C | -- | * | III | III | IV | IV | D | I | II | II | II | III | ** | <table border="1"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>II</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td><td>III</td></tr> </table> | A | -- | III | IV | V | V | B | -- | II | III | IV | IV | C | -- | II | III | III | IV | D | I | I | II | II | III | <table border="1"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>--</td><td>IV</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>--</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>--</td><td>III</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>II</td><td>*</td></tr> </table> | A | -- | -- | IV | B | -- | -- | IV | C | -- | -- | III | D | I | II | * | <table border="1"> <tr><td>A</td><td>--</td><td>I</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>I</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>I</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>I</td></tr> </table> | A | -- | I | B | -- | I | C | -- | I | D | I | I |
| A | -- | IV | IV | V | V | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | -- | III | III | IV | IV | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | -- | * | III | III | IV | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | I | II | II | II | III | ** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | -- | III | IV | V | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | -- | II | III | IV | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | -- | II | III | III | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | I | I | II | II | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | -- | -- | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | -- | -- | IV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | -- | -- | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | I | II | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | -- | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | -- | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | -- | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | I | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5 ** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
 $c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

| Zona | Classe di rugosità | a_s [m] |
|------|--------------------|-----------|
| 5 | D | 60 |

| Cat. Esposiz. | k_r | z_0 [m] | z_{min} [m] | c_t |
|---------------|-------|-----------|---------------|-------|
| I | 0,17 | 0,01 | 2 | 1 |

Per l'altezza massima dei pali di illuminazione $z=12.50$ m il coefficiente di esposizione risulta:

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] = 2.91$

Per l'altezza $z_{min}=2.00$ m si ha $c_e(z_{min}) = 1.88$

Per corpi cilindrici il coefficiente di forma c_f può porsi pari a 0,7 con un fattore dinamico c_d posto pari a 1.

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 62 di 76</p> |
|--|--|

La pressione del vento risulta pari a: $P(z)=q_b \cdot c_e \cdot c_r \cdot c_d$

Per valutare la pressione del vento esercitata sul palo, esso è stato diviso in tratti di lunghezza 2 metri e per ciascun tratto è stata valutata la pressione $p(z)$, la forza totale $F(z)$ ed il momento $M(z)$ in funzione del diametro medio del tratto. Trattandosi di un palo a sezione tronco-conica, il diametro è stato calcolato mediante interpolazione lineare noto il diametro alla base (173 mm) ed il diametro in sommità (60 mm).

| tratto palo | z (m) | ce (z) | p (z) | diámetro palo (mm) | F (N) | F (kN) | M (Nm) | M (kNm) |
|-------------|-------|--------|-------|--------------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|
| 2 | 1 | 1,54 | 529,8 | 164,0 | 173,7 | 0,17 | 173,7 | 0,17 |
| 4 | 3 | 2,09 | 718,3 | 145,9 | 209,6 | 0,21 | 628,7 | 0,63 |
| 6 | 5 | 2,37 | 814,1 | 127,8 | 208,1 | 0,21 | 1040,4 | 1,04 |
| 8 | 7 | 2,57 | 880,0 | 109,7 | 193,1 | 0,19 | 1351,7 | 1,35 |
| 10 | 9 | 2,71 | 930,7 | 91,6 | 170,6 | 0,17 | 1535,2 | 1,54 |
| 12 | 11 | 2,83 | 972,1 | 73,6 | 143,0 | 0,14 | 1573,1 | 1,57 |
| 12,5 | 12,25 | 2,90 | 994,6 | 62,3 | 31,0 | 0,03 | 379,3 | 0,38 |
| | | | | | Ftot (kN) | 1,13 | Mtot (kNm) | 6,68 |

Lo sforzo normale agente alla base del palo è dato dal peso proprio del palo di lunghezza 12.50 m (circa 146 kg) e della lampada (17 kg), per un totale di 163 kg. Si considera, a favore di sicurezza, un'azione normale $N=1.70$ kN.

12.6 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE

La verifica di capacità portante della fondazione agli stati limite ultimi (SLU) viene condotta secondo le prescrizioni delle NTC-2018 e, in particolare, secondo la combinazione (A1+M1+R3) con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e sulla resistenza globale assunti come riportato nelle Tab.6.2.I-6.2.II-6.4.I delle NTC-2018.

Con riferimento alle azioni riportate al paragrafo 5, si applicano i coefficienti sulle azioni pari a 1.3 e 1.5 rispettivamente per i carichi permanenti e per le azioni variabili (vento). Risulta pertanto:

$$N_{SLU} = 1.70 \cdot 1.3 = 2.21 \text{ kN}$$

$$M_{SLU} = 6.68 \cdot 1.5 = 10.02 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 1.13 \cdot 1.5 = 1.70 \text{ kN}$$

Con un foglio di elaborazione interna si esegue la verifica di capacità portante della fondazione.

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRES01A
Relazione tecnica impianti

GEOMETRIA ED AZIONI

DATI GEOMETRICI

• **fondazione:**

B [m] = 1 base
L [m] = 1 larghezza
H [m] = 1 altezza
h [m] = 0 altezza bicchiere
 γ_{cis} [kN/m³] = 18,4 peso specifico materiale
B / L = 1,000

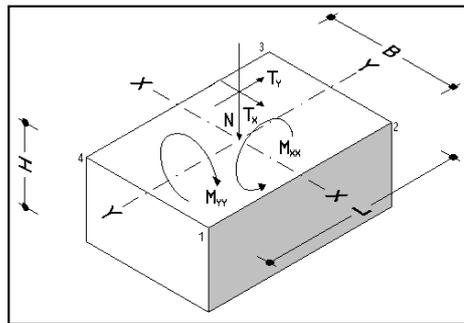
• **pilastro o muratura:**

b [m] = 0 base
l [m] = 0 larghezza
A [m²] = 0 area

• **caratteristiche meccaniche fondazione:**

Area fondazione [m²] = 1,00
Volume fondazione [m³] = 1,00
Peso fondazione [kN] = 18,40

SCHEMA DI GEOMETRIA E TERNA DI RIFERIMENTO



DATI CARICHI AGENTI

• **estradosso fondazione o bicchiere (h)**

-azioni pilastro o muratura (S.L.U.):

N [kN] = 2,21
My-y [kNm] = 0
Mx-x [kNm] = -10,02
V_x [kN] = 0
V_y [kN] = 1,7

-sovraccarichi caratteristici su fondazione (compreso terreno di riporto):

$q_{k,p}$ [kN/m²] = 0 permanente
 $q_{k,v}$ [kN/m²] = 0 variabile

-eccentricità N:

ex-x [m] = 0
ey-y [m] = 0,25

• **intradosso fondazione**

I carichi globali sono calcolati secondo la combinazione:

S.L.U. (A1)

-carichi agenti intradosso:

N [kN] = 26,13
My-y [kNm] = 0
Mx-x [kNm] = -12,2725
V_x [kN] = 0
V_y [kN] = 1,7

VERIFICHE STATICHE SLU- NTC2018

| COMBO | COMBO | COEFF. | COMBO | COMBO | COEFF. |
|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-----------------------------|
| A1 | A2 | | A1 | A2 | |
| 1,30 | 1,00 | Perm. Sfav. γ_{g1} | 1,00 | 1,00 | Perm. Fav. γ_{g1} |
| 1,50 | 1,30 | Var. Sfav. γ_{Q1} | 0,00 | 0,00 | Var. Fav. γ_{Q1} |

GEOMETRIA FONDAZIONE RIDOTTA

Le eccentricità globali lungo i due assi risultano:

e lungo X-X [m] = 0,00 < B/6 → B/6 [m] = 0,17 → B non parzializzato!
e lungo Y-Y [m] = 0,47 > L/6 → L/6 [m] = 0,17 → L parzializzato!

Le dimensioni della fondazione ridotta sono:

B' [m] = 1,00
L' [m] = 0,06 q_m [kPa] = 329,36
A' [m²] = 0,06

COMB. STR: S.L.U. (A1)

COMB. GEO: S.L.U. (A2)

AZIONE SOLLECITANTE

Azione sollecitante di progetto: Ed [kN] = 26,13

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

TERRENO E CAPACITA' PORTANTE LIMITE (formulazione di Vesic)

PARAMETRI TERRENI
I parametri di progetto dei suoli sono calcolati secondo la combinazione: S.L.U. (M1)

• **terreno al di sotto del piano di posa**

-caratteristiche

| | |
|---|--|
| γ_k [kN/m ³] = 19 ϕ_k [°] = 36 c_k [kPa] = 0 $c_{u,k}$ [kPa] = 0 | -progetto γ_d [kN/m ³] = 19,00 ϕ_d [°] = 36,00 c_d [kPa] = 0,00 $c_{u,d}$ [kPa] = 0,00 |
|---|--|

GEOMETRIA PIANO DI POSA E FALDA

| | |
|---|--|
| D [m] = 1 α [°] = 0 β [°] = 0 F' [m] = 11,00 F [m] = 10,00 Fi [m] = 0,98 $\gamma_{d,ca}$ [kN/m ³] = 19,0 q [kPa] = 19 | profondità della fondazione rispetto al p.c. inclinazione p.p. (+ se diretta verso l'alto) inclinazione p.c. (+ se diretta verso il basso) profondità della falda da p.c. posizione falda rispetto al p.p. profondità di influenza della falda sulla capacità portante peso specifico di calcolo terreno al di sotto del p.p. pressione efficace sul p.p. |
|---|--|

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

| | | |
|------------|------------|------------|
| Nq = 37,75 | Nc = 50,59 | Ny = 56,31 |
|------------|------------|------------|

FATTORI CORRETTIVI

• **fattore di dimensione**
Il fattore r_f (secondo Vesic 1969, De Beer 1965) è valido per fondazioni larghe (B≥2m) con rapporto D/B basso, caso nel quale il termine BNy è predominante: $r_f = 1,000$

• **fattori di forma**
Tipo fondazione: Rettangolo (B<L)

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| s _q = 1,727 | s _c = 1,746 | s _r = 0,600 |
|------------------------|------------------------|------------------------|

• **fattori di profondità**
Coefficiente k = 1,000

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| d _q = 1,247 | d _c = 1,254 | d _r = 1,000 |
|------------------------|------------------------|------------------------|

• **fattori di inclinazione del piano di posa** ($\alpha < \pi/4$)

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| α _q = 1,000 | α _c = 1,000 | α _r = 1,000 |
|------------------------|------------------------|------------------------|

• **fattori di inclinazione del piano campagna** ($\beta < \pi/4; \beta < \phi$)

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| β _q = 1,000 | β _c = 1,000 | β _r = 1,000 |
|------------------------|------------------------|------------------------|

• **fattori di inclinazione del carico**
Le componenti verticale e orizzontale sono: N[kN] = 26,13 V[kN] = 1,70

| | | |
|--------------|---|--|
| δ [°] = 3,72 | inclinazione rispetto la normale al piano di posa | |
| θ [°] = 0,00 | inclinazione risultante taglio (V) rispetto ad L | |
| m = 1,500 | | |

Tipologia di terreno: Incoerente

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ξ _q = 0,904 | ξ _c = 0,000 | ξ _r = 0,845 |
|------------------------|------------------------|------------------------|

CAPACITA' PORTANTE LIMITE
La formula trinomia del carico limite è:

per $\phi \neq 0$ $q_{lim} = s_q d_q \alpha_q \beta_q \xi_q (q Nq) + s_c d_c \alpha_c \beta_c \xi_c (c Nc) + r_f s_r d_r \alpha_r \beta_r \xi_r (0.5 \gamma B Ny)$

per $\phi = 0$ $q_{lim} = s_q d_q \alpha_q \beta_q \xi_q (q Nq) + s_c d_c \alpha_c \beta_c \xi_c (c_u Nc)$

La capacità portante ultima è data dalla somma dei contributi:

| | | | | | |
|--------------------------------------|---------|--|--|--|--|
| • contributo del sovraccarico [kPa]: | 1396,01 | | | | |
| • contributo della coesione [kPa]: | 0,00 | | | | → q _{lim} [kPa] = 1667,29 |
| • contributo peso di volume [kPa]: | 271,28 | | | | Q _{lim} [kN] = q _{lim} · A' = 101,14 |

VERIFICHE STATICHE SLU - NTC2018

| COEFF. | COMBO | COMBO |
|-----------------|-------|-------------|
| | M1 | M2 |
| γ_{ϕ} | 1,00 | 1,25 |
| $\gamma_{c'}$ | 1,00 | 1,25 |
| γ_{cu} | 1,00 | 1,40 |
| γ_r | 1,00 | 1,00 |
| COMB. STR: | | S.L.U. (M1) |
| COMB. GEO: | | S.L.U. (M2) |

SCHEMA DELLA GEOMETRIA DI PIANO DI POSA E CAMPAGNA

PROGETTO DEFINITIVOT00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

Data: Giugno 2020

Pag. 65 di 76

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

La combinazione di calcolo considerata risulta:

A1+M1+R3 ▼

I coefficienti da applicare al valore limite di calcolo sono:

| | cap. portante | scorrimento |
|----------|---------------|-------------|
| A1+M1+R1 | 1,0 | 1,0 |
| A2+M2+R2 | 1,8 | 1,1 |
| A1+M1+R3 | 2,3 | 1,1 |

ROTTURA GENERALE**•verifica di capacità portante**Azione sollecitante di progetto: E_d [kN]= 26,13Capacità portante limite: $q_{v,lim}$ [kPa]= 1667,29Carico limite normale di calcolo: $Q_{v,lim}$ [kN]= 101,14Carico limite normale di progetto: $Q_{v,d}$ [kN]= 43,97

La verifica allo S.L.U. risulta soddisfatta se:

$$E_d \leq Q_{v,d}$$

$$26,13 \leq 43,97 \quad \text{soddisfatta!}$$

•verifica allo scorrimentoAzione sollecitante di progetto: V_d [kN]= 1,70Resistenza allo scorrimento limite: $q_{h,lim}$ [kPa]= 239,30Carico limite tangenziale di calcolo: $Q_{h,lim}$ [kN]= 14,52Carico limite tangenziale di progetto: $Q_{h,d}$ [kN]= 13,20

La verifica allo S.L.U. risulta soddisfatta se:

$$V_d \leq Q_{h,d}$$

$$1,70 \leq 13,20 \quad \text{soddisfatta!}$$

ROTTURA PER PUNZONAMENTO

In relazione alle condizioni di drenaggio:

drenate ▼

- drenate

- non drenate

$$E$$
 [kPa]= 15000 \rightarrow $v=0,2$ G [kPa]= 6250

Tensioni litostatiche alla profondità: $z[m]=D+B/2= 1,5$ totale: σ [kPa]= 28,5 \leftrightarrow efficace: σ' [kPa]= 121,6•tensione litostatica di calcolo a profondità: $z[m]= 1,5$ \rightarrow s' [kPa]= 121,6

La rottura si può verificare solo se i coefficienti di punzonamento sono inferiori ad "1", cioè quando

 I_r è inferiore ad un livello critico: $I_{r,crit}= 134$ \rightarrow rischio punzonamento: Sì!Il valore di calcolo dell' "Indice di rigidezza" è: $I_r= 71$

I coefficienti di punzonamento risultano:

$$\Psi_q = 0,729 \quad \Psi_c = 0,729 \quad \Psi_\gamma = 0,729$$

I singoli contributi di capacità vanno moltiplicati per i coefficienti di punzonamento sopra calcolati.

Capacità portante limite: $q_{v,lim}$ [kPa]= 1214,83Carico limite normale di calcolo: $Q_{v,lim}$ [kN]= 73,69Carico limite normale di progetto: $Q_{v,d}$ [kN]= 32,04

La verifica allo S.L.U. risulta soddisfatta se:

$$E_d \leq Q_{v,d}$$

$$26,13 \leq 32,04 \quad \text{soddisfatta!}$$

PROGETTO DEFINITIVOT00IM00IMPRES01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRES01A

Data: Giugno 2020

Pag. 66 di 76

12.7 VERIFICA STRUTTURALE

Si verifica il plinto prefabbricato in corrispondenza del setto divisorio tra pozzetto e vano porta palo, nell'ipotesi di massimo momento agente nella sezione di incastro tra palo e plinto ($M_{SLU} = 10.02 \text{ kNm}$).

Il setto ha uno spessore minimo di 10 cm. Si prescrive un'armatura minima $\Phi 8/10 \text{ cm}$. VERIFICA SODDISFATTA

Verifica C.A. S.L.U. - File: _____

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 10 | 1 | 5,03 | 3 |
| | | | 2 | 5,03 | 7 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

| B450C | | C25/30 | |
|------------------|---------------|------------------|-------|
| ϵ_{su} | 67,5 ‰ | ϵ_{c2} | 2 ‰ |
| f_{yd} | 391,3 N/mm² | ϵ_{cu} | 3,5 ‰ |
| E_s | 200.000 N/mm² | f_{cd} | 14,17 |
| E_s/E_c | 15 | f_{cc}/f_{cd} | 0,8 |
| ϵ_{syd} | 1,957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ | 9,75 |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm² | τ_{co} | 0,6 |
| | | τ_{c1} | 1,829 |

M_{xRd} 13,42 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 6,574 ‰
 d 7 cm
 x 2,432 x/d 0,3474
 δ 0,8743

Si prescrive inoltre che il plinto prefabbricato sia fondato su opportuno strato di calcestruzzo magro.

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 67 di 76</p> |
|--|--|

13 VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE DELLA CABINA PREFABBRICATA

13.1 PREMESSA

Il presente documento tratta la verifica della fondazione della cabina contenente il quadro elettrico prevista nello "Svincolo Saras", nell'ambito del progetto definitivo "S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari – Pulas; collegamento con la S.S. 130 e aeroporto Cagliari Elmas".

13.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 17 Gennaio 2018

Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018

13.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo per platea di fondazione: **C25/30**

Acciaio da c.a.: **B450C**

13.4 PARAMETRI GEOTECNICI

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica del terreno si fa riferimento a quanto riportato nella relazione geologica datata Aprile 2020 (cod. elaborato T00GE00GEORE01A) e ai risultati della campagna di indagini geognostiche svolte nel sito di interesse. Si assumono i parametri geotecnici riportati nella tabella seguente.

| TERRENO | γ (KN/m ³) | ϕ (°) | c' (KPa) | E (MPa) |
|---------|-------------------------------|------------|------------|---------|
| Unità 1 | 19÷20 | 35÷39 | 0÷5 | 10÷30 |

La falda non interferisce con le opere previste a progetto.

13.5 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La cabina per il quadro elettrico è di tipo prefabbricato in c.a.v di dimensioni in pianta 1960x720 mm e altezza 1900 mm. La fondazione della cabina è prevista in c.a. avente dimensioni 2.0x0.9 m e spessore 0.3 m.

13.6 ANALISI DEI CARICHI

I carichi agenti sulla fondazione della cabina sono:

- Azioni permanenti G:
 - *peso proprio (PP)* con peso specifico del calcestruzzo pari a 25 kN/m³;
 - *peso dei permanenti portati* pari al peso proprio della cabina e del quadro elettrico pari a 17 kN.

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00IM00IMPRES01A</p> <p>Relazione tecnica impianti</p> | <p>File: T00IM00IMPRES01A</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 68 di 76</p> |
|--|--|

- Azioni variabili Q:
 - azione del vento valutata secondo la normativa vigente.

Valutazione delle spinte del vento

D.M. 17 gennaio 2018 - Circolare 11 febbraio 2019, n. 7.

| | | |
|------------------------------|-------------------------|---|
| Zona: | 5 | <i>Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola della Maddalena).</i> |
| Altitudine assoluta: | 65 m | |
| Altezza z della costruzione: | 2,00 m | |
| Classe di rugosità terreno: | D | <i>Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate)</i> |
| Pressione qb: | 490,00 N/m ² | |
| Categoria di esposizione: | I | |
| Ct: | 1,00 | |
| Ce: | 1,88 | |
| Cd: | 1,00 | |
| Superficie d'attrito: | Molto scabra | <i>Ondulata, costolata, piegata, ...</i> |
| Cf: | 0,04 | |
| Pressione tangente: | 36,91 N/m ² | |

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curve.

Edificio isolato e/o prima copertura di una serie di edifici

| Elemento. | α [°] | Cp | Pressione [kN/m ²] |
|-----------------------|--------------|-------|--------------------------------|
| parete sopravento: | 90 | 0,80 | 0,74 |
| parete sottovento: | - | -0,40 | -0,37 |
| spiovente sopravento: | 0 | -0,40 | -0,37 |
| spiovente sottovento: | - | -0,40 | -0,37 |

positiva se diretta verso l'elemento.

A favore di sicurezza si assume $p=0.80$ kN/mq. Considerata la parete della cabina esposta al vento di dimensioni circa 2.00x2.00 m si ha:

$$F_{tot} = 0.80 \cdot 2.00 \cdot 2.00 = 3.20 \text{ kN}$$

$$M = 0.80 \cdot 2.00 \cdot 2.00 \cdot 1.00 = 3.2 \text{ kNm}$$

13.7 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE

La verifica di capacità portante della fondazione agli stati limite ultimi (SLU) viene condotta secondo le prescrizioni delle NTC-2018 e, in particolare, secondo la combinazione (A1+M1+R3) con i coefficienti parziali sulle azioni (A), sui materiali (M) e sulla resistenza globale (R) assunti come riportato nelle Tab.6.2.I-6.2.II-6.4.I delle NTC-2018.

Con riferimento alle azioni riportate al paragrafo 6, si applicano i coefficienti sulle azioni pari a 1.3 e 1.5 rispettivamente per i carichi permanenti e per le azioni variabili (vento). Risulta pertanto:

$$N_{SLU} = 17 \cdot 1.3 = 22.1 \text{ kN}$$

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

$M_{SLU} = 3.2 \cdot 1.5 + (17 \cdot 0.15 \cdot 1.3) = 8.12 \text{ kNm}$

$V_{SLU} = 3.2 \cdot 1.5 = 4.80 \text{ kN}$

Con un foglio di elaborazione interna si esegue la verifica di capacità portante della fondazione.

GEOMETRIA ED AZIONI

DATI GEOMETRICI

- **fondazione:**
 - B [m] = 0,9 base
 - L [m] = 2 larghezza
 - H [m] = 0,3 altezza
 - h [m] = 0 altezza bicchiere
 - γ_{cis} [kN/m³] = 25 peso specifico materiale
 - B / L = 0,450
- **pilastro o muratura:**
 - b [m] = 0 base
 - l [m] = 0 larghezza
 - A [m²] = 0 area

• **caratteristiche meccaniche fondazione:**

- Area fondazione [m²] = 1,80
- Volume fondazione [m³] = 0,54
- Peso fondazione [kN] = 13,50

DATI CARICHI AGENTI

• **estradosso fondazione o bicchiere (h)**

-azioni pilastro o muratura (S.L.U.):

- N[kN] = 22,1
- M_{y-y}[kNm] = 8,12
- M_{x-x}[kNm] = 0
- V_x[kN] = 4,8
- V_y[kN] = 0

-sovraccarichi caratteristici su fondazione (compreso terreno di riporto):

- q_{k,p}[kN/m²] = 0 permanente
- q_{k,v}[kN/m²] = 0 variabile

-eccentricità N:

- ex-x [m] = 0
- ey-y [m] = 0

• **intradosso fondazione**

I carichi globali sono calcolati secondo la combinazione: S.L.U. (A1)

-carichi agenti intradosso:

- N[kN] = 39,65
- M_{y-y}[kNm] = 9,56
- M_{x-x}[kNm] = 0
- V_x[kN] = 4,8
- V_y[kN] = 0

GEOMETRIA FONDAZIONE RIDOTTA

Le eccentricità globali lungo i due assi risultano:

- e lungo X-X [m] = 0,24 > B/6 → B/6 [m] = 0,15 → B parzializzato!
- e lungo Y-Y [m] = 0,00 < L/6 → L/6 [m] = 0,33 → L non parzializzato!

Le dimensioni della fondazione ridotta sono:

- B' [m] = 0,42
- L' [m] = 2,00
- A' [m²] = 0,84
- q_m[kPa] = 35,05

AZIONE SOLLECITANTE

Azione sollecitante di progetto: Ed [kN] = 39,65

SCHEMA DI GEOMETRIA E TERNA DI RIFERIMENTO

| COMBO | COMBO | COEFF. | COMBO | COMBO | COEFF. |
|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--------------------------|
| A1 | A2 | | A1 | A2 | |
| 1,30 | 1,00 | Perm. Sfav. γ_{g1} | 1,00 | 1,00 | Perm. Fav. γ_{g1} |
| 1,50 | 1,30 | Var. Sfav. γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | Var. Fav. γ_{Qi} |

COMB. STR: S.L.U. (A1)

COMB. GEO: S.L.U. (A2)

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRES01A
Relazione tecnica impianti

TERRENO E CAPACITA' PORTANTE LIMITE (formulazione di Vesic)

PARAMETRI TERRENI

I parametri di progetto dei suoli sono calcolati secondo la combinazione:

S.L.U. (M1)

• terreno al di sotto del piano di posa

-caratteristiche

| | | | | |
|----------------------------------|----|-----------|----------------------------------|-------|
| γ_k [kN/m ³]= | 19 | -progetto | γ_d [kN/m ³]= | 19,00 |
| ϕ_k [°]= | 36 | | ϕ_d [°]= | 36,00 |
| c_k [kPa]= | 0 | | c_d [kPa]= | 0,00 |
| $c_{u,k}$ [kPa]= | 0 | | $c_{u,d}$ [kPa]= | 0,00 |

GEOMETRIA PIANO DI POSA E FALDA

| | | |
|---------------------------------------|-------|---|
| D [m]= | 0,3 | profondità della fondazione rispetto al p.c. |
| α [°]= | 0 | inclinazione p.p. (+ se diretta verso l'alto) |
| β [°]= | 0 | inclinazione p.c. (+ se diretta verso il basso) |
| F' [m]= | 11,00 | profondità della falda da p.c. |
| F [m]= | 10,70 | posizione falda rispetto al p.p. |
| Fi [m]= | 0,88 | profondità di influenza della falda sulla capacità portante |
| $\gamma_{d,ca}$ [kN/m ³]= | 19,0 | peso specifico di calcolo terreno al di sotto del p.p. |
| q [kPa]= | 5,7 | pressione efficace sul p.p. |

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

| | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|------------------|-------|
| Nq= | 37,75 | Nc= | 50,59 | N _y = | 56,31 |
|-----|-------|-----|-------|------------------|-------|

FATTORI CORRETTIVI

• fattore di dimensione

Il fattore r_f (secondo Vesic 1969, De Beer 1965) è valido per fondazioni larghe (B≥2m) con rapporto D/B basso, caso nel quale il termine BN_y è predominante: $r_f = 1,000$

• fattori di forma

Tipo fondazione: Rettangolo (B<L)

| | | | | | |
|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| $s_q =$ | 1,327 | $s_c =$ | 1,336 | $s_y =$ | 0,820 |
|---------|-------|---------|-------|---------|-------|

• fattori di profondità

| | | | | | | | |
|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Coefficiente k= | 0,333 | $d_q =$ | 1,082 | $d_c =$ | 1,085 | $d_y =$ | 1,000 |
|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|

• fattori di inclinazione del piano di posa

| | | | | | |
|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| $\alpha_q =$ | 1,000 | $\alpha_c =$ | 1,000 | $\alpha_y =$ | 1,000 |
|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|

• fattori di inclinazione del piano campagna

| | | | | | |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| $\beta_q =$ | 1,000 | $\beta_c =$ | 1,000 | $\beta_y =$ | 1,000 |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|

• fattori di inclinazione del carico

Le componenti verticale e orizzontale sono: N[kN]= 39,65 V[kN]= 4,80

| | | |
|---------------|-------|---|
| δ [°]= | 6,90 | inclinazione rispetto la normale al piano di posa |
| θ [°]= | 90,00 | inclinazione risultante taglio (V) rispetto ad L |
| m= | 1,690 | |

Tipologia di terreno:

Incoerente

| | | | | | |
|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| $\xi_q =$ | 0,804 | $\xi_c =$ | 0,000 | $\xi_y =$ | 0,707 |
|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|

CAPACITA' PORTANTE LIMITE

La formula trinomia del carico limite è:

per $\phi \neq 0$ $q_{lim} = s_q d_q \alpha_q \beta_q \xi_q (q N_q) + s_c d_c \alpha_c \beta_c \xi_c (c N_c) + r_f s_y d_y \alpha_y \beta_y \xi_y (0.5 \gamma B N_y)$

per $\phi = 0$ $q_{lim} = s_q d_q \alpha_q \beta_q \xi_q (q N_q) + s_c d_c \alpha_c \beta_c \xi_c (c_u N_c)$

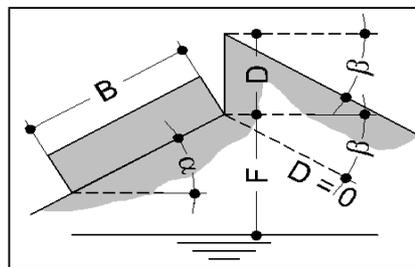
La capacità portante ultima è data dalla somma dei contributi:

| | | | |
|--------------------------------------|--------|---|---|
| • contributo del sovraccarico [kPa]: | 248,50 | → | q_{lim} [kPa]= 378,03 |
| • contributo della coesione [kPa]: | 0,00 | | |
| • contributo peso di volume [kPa]: | 129,52 | | |
| | | | Q_{lim} [kN]= $q_{lim} \cdot A' = 315,86$ |

VERIFICHE STATICHE SLU -NTC2018

| COEFF. | COMBO | COMBO |
|-----------------|-------|-------------|
| | M1 | M2 |
| γ_{ϕ} | 1,00 | 1,25 |
| $\gamma_{c'}$ | 1,00 | 1,25 |
| γ_{cu} | 1,00 | 1,40 |
| γ_y | 1,00 | 1,00 |
| COMB. STR: | | S.L.U. (M1) |
| COMB. GEO: | | S.L.U. (M2) |

SCHEMA DELLA GEOMETRIA DI PIANO DI POSA E CAMPAGNA



PROGETTO DEFINITIVOT00IM00IMPRES01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRES01A

Data: Giugno 2020

Pag. 71 di 76

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

La combinazione di calcolo considerata risulta:

A1+M1+R3

I coefficienti da applicare al valore limite di calcolo sono:

| | cap. portante | scorrimento |
|----------|---------------|-------------|
| A1+M1+R1 | 1,0 | 1,0 |
| A2+M2+R2 | 1,8 | 1,1 |
| A1+M1+R3 | 2,3 | 1,1 |

ROTTURA GENERALE**•verifica di capacità portante**Azione sollecitante di progetto: E_d [kN]= 39,65Capacità portante limite: $q_{v,lim}$ [kPa]= 378,03Carico limite normale di calcolo: $Q_{v,lim}$ [kN]= 315,86Carico limite normale di progetto: $Q_{v,d}$ [kN]= 137,33

La verifica allo S.L.U. risulta soddisfatta se:

$$E_d \leq Q_{v,d}$$

$$39,65 \leq 137,33 \quad \text{soddisfatta!}$$

•verifica allo scorrimentoAzione sollecitante di progetto: V_d [kN]= 4,80Resistenza allo scorrimento limite: $q_{h,lim}$ [kPa]= 25,46Carico limite tangenziale di calcolo: $Q_{h,lim}$ [kN]= 21,28Carico limite tangenziale di progetto: $Q_{h,d}$ [kN]= 19,34

La verifica allo S.L.U. risulta soddisfatta se:

$$V_d \leq Q_{h,d}$$

$$4,80 \leq 19,34 \quad \text{soddisfatta!}$$

ROTTURA PER PUNZONAMENTO

In relazione alle condizioni di drenaggio:

drenate

- drenate

- non drenate

$$E \text{ [kPa]} = 10000 \quad \rightarrow \quad v = 0,2 \quad G \text{ [kPa]} = 4167$$

Tensioni litostatiche alla profondità: $z[m]=D+B/2= 0,75$ totale: σ [kPa]= 14,25 \leftrightarrow efficace: σ' [kPa]= 114,7•tensione litostatica di calcolo a profondità: $z[m]= 0,75 \rightarrow s'$ [kPa]= 114,7

La rottura si può verificare solo se i coefficienti di punzonamento sono inferiori ad "1", cioè quando

 I_r è inferiore ad un livello critico: $I_{r,crit} = 218 \rightarrow$ rischio punzonamento: Si!Il valore di calcolo dell' "Indice di rigidezza" è: $I_r = 50$

I coefficienti di punzonamento risultano:

$$\Psi_q = 0,483 \quad \Psi_c = 0,483 \quad \Psi_\gamma = 0,483$$

I singoli contributi di capacità vanno moltiplicati per i coefficienti di punzonamento sopra calcolati.

Capacità portante limite: $q_{v,lim}$ [kPa]= 182,60Carico limite normale di calcolo: $Q_{v,lim}$ [kN]= 152,58Carico limite normale di progetto: $Q_{v,d}$ [kN]= 66,34

La verifica allo S.L.U. risulta soddisfatta se:

$$E_d \leq Q_{v,d}$$

$$39,65 \leq 66,34 \quad \text{soddisfatta!}$$

PROGETTO DEFINITIVOT00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

Data: Giugno 2020

Pag. 72 di 76

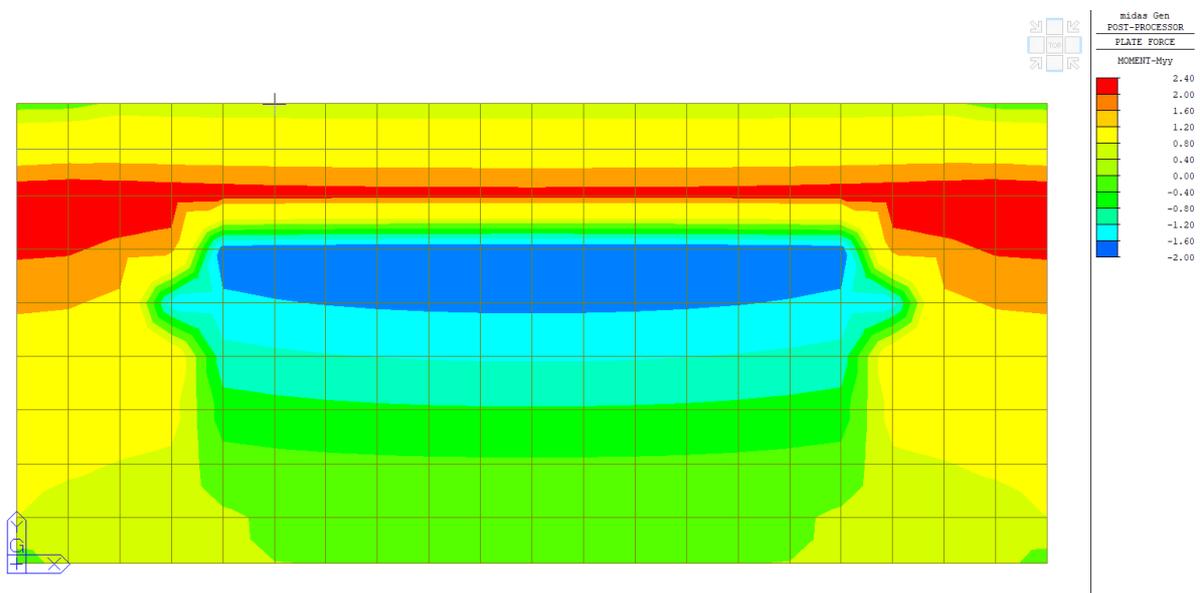
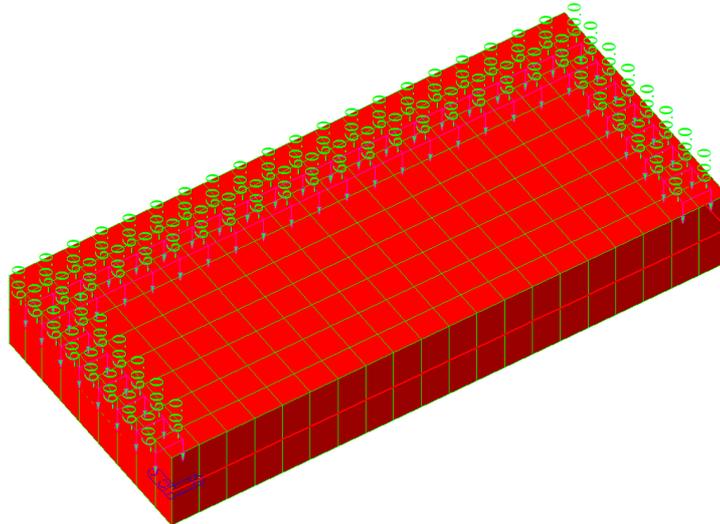
13.8 VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE

La soletta di fondazione è stata modellata con il software Midas Gen, programma di calcolo strutturale FEM tridimensionale. La fondazione è modellata come elemento *plate* e risulta vincolata alla base con molle verticali elasto-plastiche (resistenti a sola compressione) di rigidità k_v pari a 20000 kN/m³ ed orizzontalmente con molle di rigidità k_h pari a 5000 kN/m³.

I carichi agenti sono stati inseriti e combinati tra loro secondo la normativa vigente. È stata adottata la combinazione fondamentale agli SLU.

Il carico variabile del vento è stato inserito come momento flettente agente lungo il bordo della soletta, in corrispondenza delle pareti della cabina, ed è stato assunto pari a 1.60 kNm/m.

Si riporta di seguito un'immagine del modello e gli output delle sollecitazioni agenti.



ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con
la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

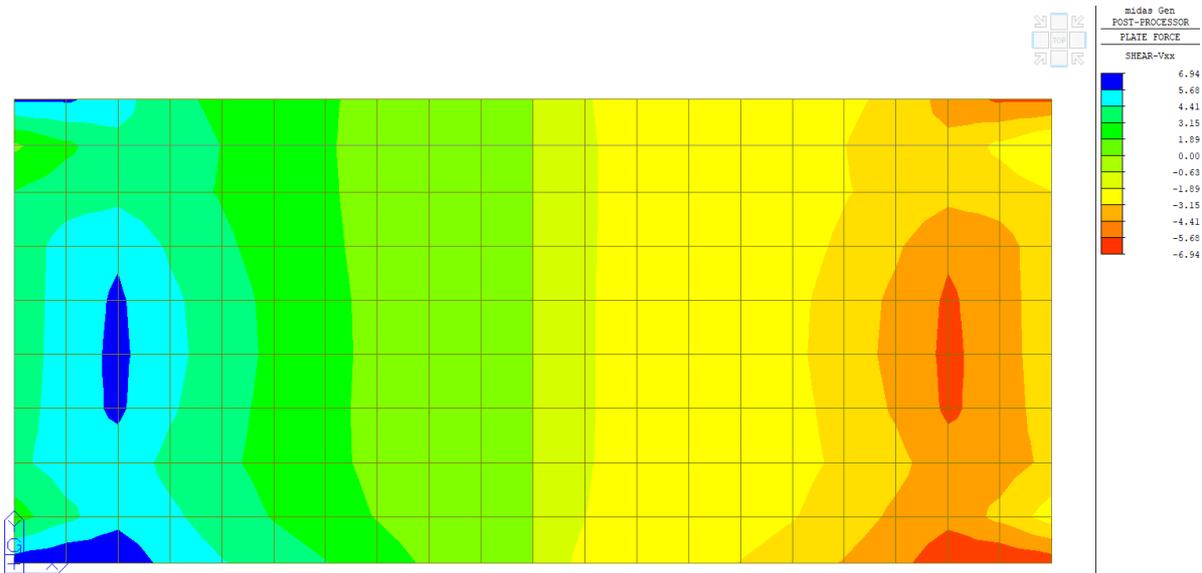
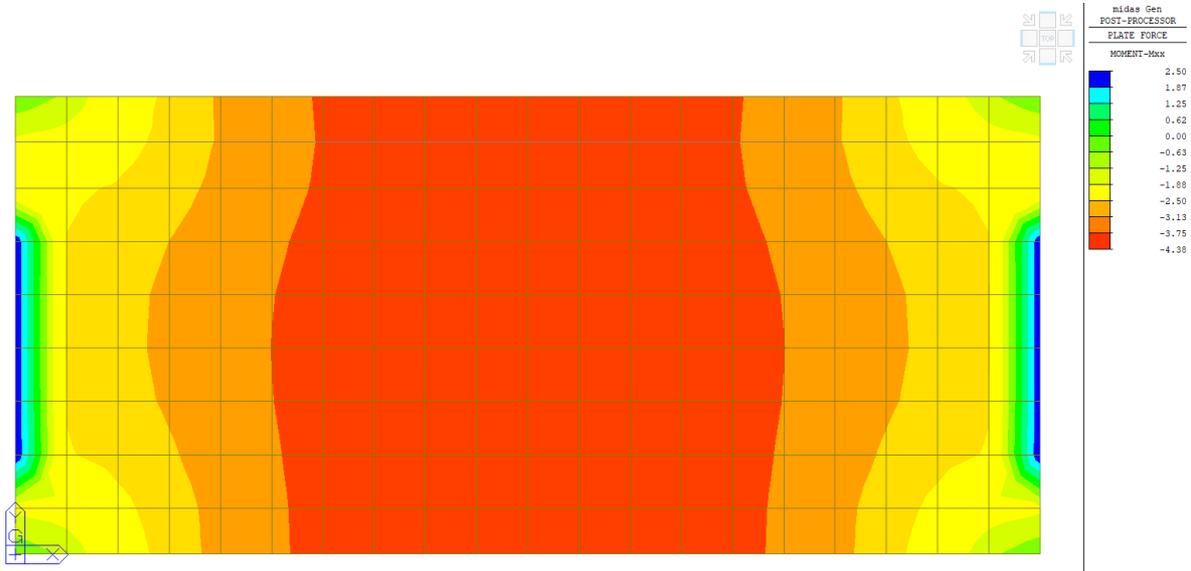
PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

Data: Giugno 2020

Pag. 73 di 76



PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRES01A
Relazione tecnica impianti

Verifica C.A. S.L.U. - File: _ □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo:

N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 3,14 | 5 |
| 2 | 3,14 | 25 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{Ed} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C25/30
 ε_{su} 67,5‰ ε_{c2} 2‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957‰ σ_{c,adm} 9,75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 34,66 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5‰
 ε_s 37,49‰
 d 25 cm
 x 2,135 x/d 0,08539
 δ 0,7

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00IM00IMPRE01A
Relazione tecnica impianti

File: T00IM00IMPRE01A

Data: Giugno 2020

Pag. 76 di 76

Verifica a taglio

| VERIFICA A TAGLIO - Rif. DM 14/01/2008 | | | |
|---|---------------------|---------------------|-----------------------|
| CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | | | |
| Calcestruzzo | | | |
| classe di resistenza del calcestruzzo | | C25/30 | |
| resistenza cubica caratteristica a compressione | R _{ck} | 30,00 | MPa |
| resistenza cilindrica caratteristica a compressione | f _{ck} | 24,90 | MPa |
| coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata | α _{cc} | 0,85 | |
| coeff. parziale per resistenze SLU | γ _M | 1,50 | |
| resistenza di calcolo a compressione | f _{cd} | 14,11 | MPa |
| resistenza di calcolo a compressione ridotta | f _{cd} | 7,06 | MPa |
| Acciaio da c.a. | | | |
| tipo di acciaio | | B450C | |
| resistenza caratteristica a snervamento | f _{yk} | 450,00 | MPa |
| resistenza caratteristica a rottura | f _{tk} | 540,00 | MPa |
| coeff. parziale per le resistenze SLU | γ _M | 1,15 | |
| resistenza di calcolo | f _{yd} | 391,30 | MPa |
| GEOMETRIA DELLA SEZIONE | | | |
| larghezza minima | b _w | 100,00 | cm |
| altezza | h | 30,00 | cm |
| copriferro al centro barra | c | 5,00 | cm |
| altezza utile | d | 25,00 | cm |
| area totale di calcestruzzo | A _c | 3000,00 | cmq |
| AREA ARMATURA LONGITUDINALE TESA | | | |
| armatura longitudinale tesa | n° barre | Φ (mm) | A _{SL} (cmq) |
| | 4 | 10 | 3,142 |
| | 0 | 0 | 0,000 |
| | 0 | 0 | 0,000 |
| | | A _{SL,tot} | 3,142 |
| SOLLECITAZIONI | | | |
| sfuerzo di taglio sollecitante | V _{Ed} | 16,00 | kN |
| sfuerzo assiale sollecitante (+ comp., - traz) | N _{Ed} | 0,00 | kN |
| RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO | | | |
| Sollecitazioni | | | |
| sfuerzo di taglio sollecitante | V _{Ed} | 16,00 | kN |
| sfuerzo assiale sollecitante (+ comp., - traz) | N _{Ed} | 0,00 | kN |
| Geometria della sezione | | | |
| larghezza minima | b _w | 100,00 | cm |
| altezza | h | 30,00 | cm |
| copriferro al centro barra | c | 5,00 | cm |
| altezza utile | d | 25,00 | cm |
| area totale di calcestruzzo | A _c | 3000,00 | cmq |
| Resistenza a taglio | | | |
| classe di resistenza del calcestruzzo | | C25/30 | |
| resistenza cilindrica caratteristica a compressione | f _{ck} | 24,90 | MPa |
| resistenza di calcolo a compressione | f _{cd} | 14,11 | MPa |
| tipo di acciaio | | B450C | |
| resistenza di calcolo | f _{yd} | 391,30 | MPa |
| armatura longitudinale tesa | A _{SL,tot} | 3,142 | cmq |
| $k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$ | k | 1,89 | |
| $V_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$ | V _{min} | 0,46 | MPa |
| $\rho_l = A_{sl} / (b_w \times d) \leq 0,02$ | ρ _l | 0,0013 | |
| $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$ | σ _{cp} | 0,00 | MPa |
| limite inferiore della resistenza a taglio | V _{Rd,min} | 113,85 | kN |
| Resistenza a taglio senza armatura specifica | V _{Rd} | 113,85 | kN |
| ≥ V_{Ed} - VERIFICATO | | | |