



MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI



E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO VESPUCCI

Opera

MASTERPLAN AEROPORTUALE 2035

Titolo Documento Completo

Pista di volo 11-29, Taxiways ed Aprons
Capitolato speciale d'appalto – Norme Tecniche e Prestazionali – Opere Civili

Livello di Progetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO
PFTE	00	Ottobre 2022	N/A	FLR-MPL-PFTE-RWY-002-OC-EA
				TITOLO RIDOTTO
				CSA-norm tec e prest op civ

00	10/2022	Prima Emissione	Ing. Alessandro Marradi Ing. Giacomo Betti Ing. Lorella Pipitone Ing. Roberta Cavallini	R. Sorrentino	L. Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti	 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631	PROGETTAZIONE SPECIALISTICA SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE PER ADEGUAMENTO E SVILUPPO DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI AIRSIDE M.C.P. MARRADI CONSULTING PARTNERS Infrastructures Engineering, Technology & Consulting
POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM Dott. Vittorio Fanti POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Raffaello Sorrentino Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A -2813	PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Alessandro Marradi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze N°3550

INDICE

INDICE 2

1. INTRODUZIONE	5
2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	6
2.1 Norme inerenti alla specificazione dei requisiti delle miscele dei loro materiali costituenti	6
2.2 Norme inerenti agli strumenti ed alle procedure di prova e controllo	8
2.3 Norme inerenti agli impianti elettrici	13
2.4 Prescrizioni organizzative finalizzate al mantenimento dell'operatività aeroportuale e al contenimento ambientale.....	13
2.1.1 Prescrizioni organizzative generali.....	13
2.1.2 Inquinamento acustico.....	15
2.1.3 Impatto sull'atmosfera.....	15
2.1.4 Impatto sull'acqua.....	16
2.1.5 Impatto sul suolo.....	17
2.1.6 Difesa ambientale	17
3. DESCRIZIONE DEI LAVORI.....	19
3.1 Demolizioni.....	19
3.2 Scavi.....	19
3.3 Lavori di pavimentazioni	20
3.4 Segnaletica orizzontale.....	20
4. SPECIFICHE TECNICHE-MATERIALI IN GENERE	21
4.1 Requisiti dei materiali e delle forniture.....	21
4.2 Aggregati per miscele	21
4.3 Bitumi con emulsioni bituminose.....	23
4.3.1 Bitumi tal quali	23
4.3.2 Bitumi modificati.....	23
4.3.3 Emulsioni bituminose.....	23
4.4 Acqua.....	25
4.5 Leganti idraulici	26
4.5.1 Additivi per calcestruzzi	26
4.6 Ghiaia, pietrisco e sabbia per calcestruzzi e murature	27
4.7 Materiali ferrosi e metalli vari.....	28

4.8	Geotessile.....	29
4.9	Segnaletica orizzontale.....	29
5.	SPECIFICHE TECNICHE-MODO DI ESECUZIONE DELLE LAVORAZIONI.....	30
5.1	Rilievi, capisaldi, tracciamenti e interferenze	30
5.1.1	Rilievi	30
5.1.2	Capisaldi	30
5.1.3	Tracciamenti.....	30
5.1.4	Interferenze.....	31
5.2	Demolizioni e rimozioni.....	31
5.2.1	Generalità.....	32
5.2.2	Disposizioni antinfortunistiche	32
5.2.3	Demolizioni parziali o totali della pavimentazione	32
5.2.4	Demolizioni di sottoservizi e manufatti cementizi in genere.....	33
5.2.5	Rimozione e allontanamento dei materiali Risultanti dalle demolizioni	33
5.3	Scavi in genere.....	33
5.3.1	Aspetti generali relativi all'apertura degli scavi.....	34
5.3.2	Scavi di sbancamento.....	35
5.3.3	Scavi d fondazione	36
5.3.4	Scavi a mano	36
5.4	Stabilizzazioni con calce e/o cemento del terreno di imposta della pavimentazione	37
5.4.1	Generalità.....	37
5.4.2	Materiali	38
5.4.3	Calce	38
5.4.4	Cemento.....	38
5.4.5	Accettazione della miscela	39
5.5	Strato di fondazione in misto granulare.....	41
5.5.1	Generalità.....	41
5.5.2	Formazione e stoccaggio dei lotti	41
5.5.3	Materiali	41
5.5.4	Requisiti fisico-meccanici	41
5.5.5	Accettazione del misto granulare	44
5.6	Strato di fondazione in misto cementato confezionato in centrale.....	45
5.6.1	Generalità.....	45
5.6.2	Formazione e stoccaggio dei lotti	45
5.6.3	Materiali	45
5.6.4	Studio e caratteristiche della miscela	48

5.7	Strato di sottobase in materiale fresato legato a bitume schiumato e cemento miscelato a freddo in impianto	53
5.7.1	Generalità.....	53
5.7.2	Formazione e stoccaggio dei lotti	53
5.7.3	Materiali.....	53
5.7.4	Studio e caratteristiche della miscela	57
5.8	Strato di base in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato.....	59
5.8.1	Generalità.....	59
5.8.2	Materiali.....	59
5.8.3	Studio e caratteristiche della miscela	61
5.9	Strato di binder in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato.....	66
5.9.1	Generalità.....	66
5.9.2	Materiali.....	66
5.9.3	Studio e caratteristiche della miscela	69
5.10	Strato di usura in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato	73
5.10.1	Generalità.....	73
5.10.2	Materiali.....	73
5.10.3	Studio e caratteristiche della miscela	77
5.11	Calcestruzzo magro	81
5.11.1	Generalità.....	81
5.11.2	Materiali.....	81
5.11.3	Studio e caratteristiche della miscela	83
5.12	Lastre in conglomerato cementizio	84
5.12.1	Generalità.....	84
5.12.2	Materiali.....	84
5.12.3	Studio e caratteristiche della miscela	91
5.13	Segnaletica orizzontale.....	96
5.13.1	Generalità.....	96
5.13.2	Cancellatura della segnaletica orizzontale.....	96
5.13.3	Nuova segnaletica orizzontale – Caratteristiche prestazionali	96
5.13.4	Segnaletica orizzontale in vernice.....	100
5.13.5	Segnaletica orizzontale in termospruzzato plastico.....	105
5.13.6	Materiali.....	108
5.13.7	Modalità di realizzazione	109

1. INTRODUZIONE

Le presenti Norme Tecniche, nel prosieguo di questo documento anche definite "Norme Tecniche" o "Capitolato", sono concepite quale strumento per indirizzare, regolamentare e controllare la realizzazione dei lavori previsti nel Progetto di cui costituiscono parte integrante.

Articolate sulla base degli ambiti di impiego cui i materiali da costruzione saranno destinati, affiancano ai requisiti prescrittivi un insieme di richieste di impostazione prettamente prestazionale: mentre i primi si basano sulle esperienze pregresse e sulle conoscenze acquisite a seguito della buona riuscita di realizzazioni analoghe per tipologia e condizioni di esercizio, e coinvolgono tutte le fasi della realizzazione, le seconde si riferiscono all'efficienza che l'opera stessa dovrà garantire dopo la sua ultimazione. Queste ultime sono quindi strettamente correlate alle caratteristiche definite in sede di progetto e la loro applicazione consentirà alla Direzione Lavori di verificare il rispetto delle aspettative progettuali in maniera diretta, con maggiore efficienza e, nel caso di rilievi in corso d'opera, con tempistiche ridotte.

In ogni caso, i prodotti da costruzione dovranno presentare caratteristiche congrue con la destinazione d'uso assegnatagli, ed a questo proposito la marcatura CE si configura come un presupposto essenziale: nel seguito saranno richiamate pertanto le Norme Armonizzate che vanno a comporre un apparato organico e dettagliato attraverso il quale si definiscono le modalità di prova, i parametri caratteristici ed i requisiti necessari all'apposizione della marcatura suddetta, in conformità con la legislazione vigente a livello Comunitario e Nazionale.

Nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore è tenuto a sviluppare la realizzazione delle opere seguendo procedure e fasature volte a minimizzare l'impatto delle diverse lavorazioni sulla normale operatività aeroportuale.

Il progetto prevede una fasatura dei lavori subordinata alle necessità operative che gli Enti preposti all'organizzazione del Traffico Aereo o qualsiasi altro Ente avente titolo potranno imporre. L'Appaltatore, pertanto, è tenuto a considerare le previsioni progettuali relative al programma dei lavori come indicative della natura dei vincoli e dei condizionamenti che potranno derivare alla organizzazione del cantiere e/o all'andamento della produzione delle singole lavorazioni. I suddetti vincoli e condizionamenti sono stati citati a titolo esemplificativo e non esaustivo; pertanto, nessun riconoscimento potrà richiedere l'Appaltatore sia in relazione alla durata dei lavori che rispetto ai prezzi contrattuali qualora il programma dei lavori, per fatti dell'Ente appaltante, subisca all'atto esecutivo delle variazioni, di qualsiasi entità esse risultino.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

2.1 Norme inerenti alla specificazione dei requisiti delle miscele dei loro materiali costituenti

TERRE

UNI EN ISO 14688 1/2, Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni

Parte 1: Identificazione e descrizione

Parte 2: Principi per una classificazione

UNI 11531-1 - Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati

AGGREGATI

UNI EN 13055-1, Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione

UNI EN 13242, Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

UNI EN 13043, Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico

UNI 8520-2, Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Requisiti

UNI 8520-22, Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali

LEGANTI

UNI EN 12591, Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali

UNI EN 14023, Bitumi e leganti - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri

UNI EN 197-1, Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni

UNI 9156, Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione

Additivi per calcestruzzo

UNI EN 934-2 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura

UNI 10765 Additivi per impasti cementizi - Additivi multifunzionali per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e criteri di conformità

Acqua di impasto

UNI EN 1008, Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo

MISCELE

UNI EN 13285, Miscele non legate - Specifiche

UNI EN 13018-1/8, Miscele bituminose - Specifiche del materiale

Parte 1: Conglomerato bituminoso prodotto a caldo

Parte 2: Conglomerato bituminoso per strati molto sottili

Parte 3: Conglomerato bituminoso con bitume molto tenero

Parte 4: Conglomerato bituminoso chiodato

Parte 5: Conglomerato bituminoso antisdrucchiolo chiuso

Parte 6: Asfalto colato

Parte 7: Conglomerato bituminoso ad elevato tenore di vuoti

Parte 8: Conglomerato bituminoso di recupero

UNI EN 206-1, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità

UNI EN 14227-1/5, Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche

Parte 1: Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali

Parte 2: Miscele legate con scorie

Parte 3: Miscele legate con ceneri volanti

Parte 4: Ceneri volanti per miscele legate con leganti idraulici

Parte 5: Miscele legate con leganti idraulici per strade

Geosintetici

UNI EN 15381, Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nelle pavimentazioni e nelle coperture di asfalto

UNI EN 13249, Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione nei conglomerati bituminosi).

2.2 Norme inerenti agli strumenti ed alle procedure di prova e controllo

AGGREGATI

ISO 3310-1, Stacci di controllo - Requisiti tecnici e prove - Stacci di controllo di tela metallica

ISO 3310-2, Stacci di controllo - Requisiti tecnici e prove - Stacci di controllo di lamiera metallica perforata

UNI EN 932-1, Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi di campionamento

UNI EN 932-3, Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata

UNI EN 933-1, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura

UNI EN 933-2, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture

UNI EN 933-3, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento

UNI EN 933-4, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di forma

UNI EN 933-8, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia

UNI EN 933-9, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene

UNI EN 933-10 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria)

UNI EN 933-11, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati

UNI EN 1097-2, Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione

UNI EN 1097-6, Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua

UNI EN 1744-1, Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Analisi chimica

UNI 10802:2004, Rifiuti - Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati

UNI EN 12457-2, Caratterizzazione dei rifiuti - Lisciviazione - Prova di conformità per la lisciviazione di rifiuti granulari e di fanghi - Prova a singolo stadio, con un rapporto liquido/solido di 10 l/kg, per materiali con particelle di dimensioni minori di 4 mm (con o senza riduzione delle dimensioni)

TERRE E MISCELE DI AGGREGATI

UNI EN 13286-2, Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor

UNI EN 13286-47, Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento

UNI CEN ISO/TS 17892-1, Indagini e prove geotecniche Prove di laboratorio sui terreni - Determinazione del contenuto in acqua

UNI CEN ISO/TS 17892-12, Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Determinazione dei limiti di Atterberg

UNI 11531-2 - Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 2: Materiali granulari e miscele di aggregati legati con leganti idraulici e aerei

UNI EN 13286-41, Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Parte 41: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a compressione di miscele legate con leganti idraulici

UNI EN 13286-42, Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Parte 42: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a trazione indiretta di miscele legate con leganti idraulici

CNR B.U. n.29/72, Preparazione e stagionatura di provini di misto cementato CNR UNI 10014/64, Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra

LEGANTI IDROCARBURICI E CONGLOMERATI BITUMINOSI

UNI EN 58, Metodi di campionamento dei leganti bituminosi

UNI EN 1426, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della penetrazione con ago

UNI EN 1427, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di Rammollimento - Metodo biglia e anello

UNI EN 12593, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass

UNI EN 12596, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica con capillare sottovuoto

UNI EN 13302, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità di un bitume utilizzando un viscosimetro rotante

UNI EN 13398, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del ritorno elastico di un bitume modificato

UNI EN 13399, Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità allo stoccaggio di un bitume modificato

UNI EN 12607-1, Bitumi e leganti - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Metodo RTFOT

UNI EN 12697-2, Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Determinazione della granulometria

UNI EN 12697-5, Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Determinazione della massa volumica massima

UNI EN 12697-6, Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Determinazione della massa volumica in mucchio di provini bituminosi

UNI EN 12697-8, Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di provini bituminosi

UNI EN 12697-11, Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume

UNI EN 12697-12, Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Determinazione della sensibilità all'acqua dei provini bituminosi

UNI EN 12697-23, Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi

UNI EN 12697-30, Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Preparazione del provino mediante compattatore a impatto

UNI EN 12697-31, Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Preparazione del provino con pressa giratoria

UNI EN 12697-34, Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Prova Marshall

Cementi e calcestruzzi

UNI EN 196-3 Metodi di prova dei cementi – Determinazione del tempo di presa e della stabilità

UNI EN 196-6 Metodi di prova dei cementi – Determinazione della finezza

UNI 7087, Calcestruzzo – Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo

UNI EN 12350-2, Prova sul calcestruzzo fresco – Prova di abbassamento al cono

UNI EN 12350-7, Prova sul calcestruzzo fresco – Contenuto d'aria – Metodo per pressione

UNI EN 12390-1, Prova sul calcestruzzo indurito – Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme

UNI EN 12390-2, Prove sul calcestruzzo indurito – Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza

UNI EN 12390-3, Prove sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei provini

UNI EN 12390-5, Prove sul calcestruzzo indurito – Resistenza a flessione dei provini

UNI EN 11307, Prova sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro

PROVE IN SITO

CNR B.U. n. 22/72, Peso specifico di una terra in sito

CNR B.U. n. 146/92, Determinazione dei moduli di deformazione Md e Md' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare

UNI EN 13036-1, Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Misurazione della profondità della macrotestitura della superficie della pavimentazione tramite tecnica volumetrica ad impronta

UNI CEN/TS 13036-2, Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Valutazione dell'aderenza della pavimentazione stradale attraverso l'utilizzo di sistemi di misurazione dinamici

UNI EN 13036-5, Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 5: Determinazione degli indici di dislivello longitudinali

UNI EN 13036-7, Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Misurazione dell'irregolarità delle pavimentazioni: misura con il regolo

UNI EN ISO 13473-1, Caratterizzazione della tessitura delle pavimentazioni mediante analisi dei profili - Determinazione del MPD (profondità media della macrotestitura)

ASTM D4694-96, Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device

ASTM D5858-08 Standard Guide for Calculating In Situ Equivalent Elastic Moduli of Pavement Materials Using Layered Elastic Theory

ASTM E1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements

ASTM E2583-07, Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)

SEGNALETICA ORIZZONTALE

UNI EN 1436, Materiali per segnaletica orizzontale - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada

UNI EN 1423, Materiali per segnaletica orizzontale - Materiali da post-spruzzare - Microsfere di vetro, granuli antiderapanti e loro miscele

UNI EN 1424, Materiali per segnaletica orizzontale - Microsfere di vetro da premiscelare

ASTM D1155, Standard Test Method for Roundness of Glass Spheres

ASTM D711, Standard Test Method for No-Pick-Up Time of Traffic Paint

ASTM D562, Standard Test Method for Consistency of Paints Measuring Krebs Unit (KU) Viscosity Using a Stormer-Type Viscometer

2.3 Norme inerenti agli impianti elettrici

I materiali che saranno forniti e posti in opera dovranno essere di buona qualità, di lavorazione e costruzione che li renderanno idonei al servizio cui saranno destinati.

Saranno rispondenti alle norme CEI -UNEL e per quanto richiesto dovranno avere il Marchio Italiano di Qualità.

Indipendentemente da quanto non richiesto, gli impianti e le apparecchiature dovranno essere perfettamente funzionanti e rispondenti a tutte le normative di legge vigenti e più precisamente:

- tutte le norme CEI - UNEL in materia;
- Legge n° 186 del 01/03/1968;
- Legge n° 46 del 04/03/1990;
- D.P.R. n° 547 del 25/04/1955;
- D.P.R. n° 384 del 27/04/1978;
- Disposizioni del locale comando dei VV.F.;
- Disposizioni degli Enti preposti agli impianti;
- Leggi, decreti, regolamenti, ecc. emanati da ogni autorità riconosciuta che avesse attinenza diretta o indiretta con l'oggetto dell'appalto.

2.4 Prescrizioni organizzative finalizzate al mantenimento dell'operatività aeroportuale e al contenimento ambientale

2.1.1 Prescrizioni organizzative generali

I lavori dovranno essere eseguiti avendo cura di porre in atto tutte le misure, di seguito dettagliate, per garantire la regolare prosecuzione delle attività aeroportuali, il rispetto delle tempistiche previste, la sicurezza di tutti gli operatori coinvolti, la piena accessibilità al sito e il contenimento dell'impatto ambientale.

A tale proposito si elencano, di seguito, le possibili criticità e gli interventi da attuarsi per il miglioramento delle condizioni operative.

Durante la fase di allestimento del cantiere, al fine di contrastare eventuali criticità connesse alla presenza di mezzi pesanti, quali, ad esempio, l'interferenza con il traffico veicolare, sarà preventivamente verificata la segnaletica stradale esistente. Sarà realizzata opportuna segnaletica orizzontale con miscela di vernici rifrangenti ad alta visibilità e segnaletica verticale dedicata ai mezzi pesanti. Saranno previsti sistemi di variazione piano altimetrici della carreggiata, al fine di ridurre la velocità dei mezzi.

Tutte le pareti costituenti le recinzioni di cantiere, saranno dotate di messaggi pubblicitari finalizzati alla promozione dell'intervento in corso e ai vantaggi conseguibili in termini di risparmio energetico ed efficientamento.

Nel caso si prevedesse la possibilità di dover attuare l'interruzione di forniture primarie di energia elettrica, acqua, ecc, si dovrà attuare tale sconnessione nelle ore notturne al fine evitare l'interruzione dell'operatività aeroportuale.

Al fine di superare criticità imprevedibili e/o impreviste sarà attuato un costante aggiornamento del Piano di Sicurezza e Coordinamento, nonché del Piano Operativo di Sicurezza e saranno, altresì, costantemente rispettate e applicate le indicazioni fornite per la redazione del piano di garanzia per l'operatività aeroportuale.

Il conferimento di materiale derivante da attività di scavo e demolizione in aree di stoccaggio sarà contenuto mediante operazioni di vagliatura dello stesso, in apposite aree del cantiere destinate a tale scopo, e suo riutilizzo in idonee lavorazioni.

In relazione al possibile impatto sul traffico e sulla viabilità saranno attuate opportune misure atte a contenere i disagi e i rischi connessi quali congestione del traffico locale; emissioni di gas di scarico; emissione di polveri; imbrattamento sedi stradali ed emissioni acustiche.

I provvedimenti di mitigazione saranno prevalentemente di natura logistica e organizzativa come:

- l'individuazione dei percorsi meno impattanti;
- la corretta programmazione e razionalizzazione degli approvigionamenti;
- la regolamentazione degli accessi;
- il lavaggio delle ruote e delle carrozzerie in uscita dal cantiere;
- l'obbligo di copertura con teloni dei mezzi trasportanti carichi polverulenti.

All'occorrenza potranno essere messi a disposizione piani del traffico (che pianificano e valutano l'impatto sulla viabilità pubblica) e piani di circolazione (fra aree separate dello stesso cantiere). Tra le proposte migliorative della fase di cantierizzazione rientrano certamente anche quelle connesse all'interrelazione tra l'esecuzione degli interventi previsti e il loro impatto sull'ambiente.

Tale impatto può essere generato in relazione ai seguenti fattori:

- la tipologia delle lavorazioni;
- la distribuzione temporale delle lavorazioni;
- le tecnologie e attrezzature impiegate.

Le conseguenze ambientali connesse alle attività di cantiere riguardano la produzione di rumore e polveri, l'uso della risorsa acqua, l'impatto sull'atmosfera, sul suolo e sulla vegetazione, nonché la produzione di rifiuti. Per la valutazione degli aspetti ambientali connessi alle attività di cantiere, sono determinanti le attività di analisi preliminare, in particolare le tecniche e i processi produttivi tipici delle lavorazioni unitamente alla conoscenza del contesto operativo e locale, ovvero le indagini sul contesto in cui si svolge il cantiere.

2.1.2 Inquinamento acustico

Gli interventi di mitigazione delle emissioni in cantiere possono essere di tipo logistico/organizzativo e di tipo tecnico/costruttivo. Fra i primi, ad esempio, rientrano gli accorgimenti finalizzati ad evitare la sovrapposizione di lavorazioni caratterizzate da emissioni significative; allontanare le sorgenti dai recettori più prossimi e sensibili ovvero gli operatori aeroportuali e i fruitori del servizio aeroportuale; adottare tecniche di lavorazione meno impattanti e organizzare lavorazioni più impattanti in orari di minor disturbo per i recettori. Fra i secondi, introdurre in cantiere macchine e attrezzature in buono stato di manutenzione e conformi alle vigenti normative; compartimentare o isolare acusticamente le sorgenti fisse di rumore e realizzare barriere fonoassorbenti in relazione alla posizione dei recettori maggiormente impattati.

Sarà opportuno predisporre, prima dell'apertura del cantiere o la messa in esercizio di impianti fissi a servizio del cantiere, una valutazione previsionale d'impatto acustico, riferita alle attività di cantiere, secondo quanto previsto dalle leggi in vigore.

Inoltre, al fine di contenere e regolare la propagazione delle emissioni sonore saranno previste le seguenti misure mitigative:

- utilizzo di barriere fonoassorbenti provvisorie di cantiere, barriere naturali verdi, pannelli OSB;
- realizzazione di sistema di fonometri atti a monitorare costantemente l'emissione del rumore prodotto in cantiere verso le zone circostanti;
- predisposizione nei previsti totem multimediali del Sistema Cantiere Evento di una sezione riportante i dati di monitoraggio per il riscontro da parte dell'utenza del livello sonoro

2.1.3 Impatto sull'atmosfera

Con riferimento all'impatto sull'atmosfera, le attività di cantiere maggiormente responsabili di elevati livelli di emissioni di polveri possono essere la movimentazione di materiali, il passaggio di mezzi, il caricamento di silos o contenitori di calce e cemento o la demolizione di strutture o parti di strutture. Al fine di contenere quanto più possibile le emissioni di inquinanti, si opererà per evitare di tenere inutilmente accesi i motori di mezzi e degli altri macchinari da costruzione. Si provvederà inoltre affinché i mezzi siano mantenuti in buone condizioni di manutenzione.

Per minimizzare la produzione di polveri, saranno adottate a livello di cantiere idonee misure a carattere operativo e gestionale, quali:

- lavaggio delle gomme degli automezzi;
- l'installazione, sui mezzi diesel, di filtri antiparticolato (fap), in contesti operativi al chiuso;
- predisposizione di idoneo impianto di lavaggio Betoniere;
- umidificazione del terreno nelle aree di cantiere;
- riduzione della velocità di transito dei mezzi.

Anche le misure di mitigazione dell'impatto sull'atmosfera dovranno essere visualizzate sui totem multimediali del Sistema Cantiere Evento.

2.1.4 Impatto sull'acqua

Per quanto concerne l'impatto sulla risorsa acqua si segnala che dovranno essere adottate particolari misure atte a garantire il trattamento delle acque reflue di cantiere. Tali acque, infatti, sono caratterizzate da elevato carico solido sospeso (derivante da contatto con polveri e sabbie, di granulometria variabili), e in soluzione (derivante dal contatto con particelle fini, argille e cemento, che dà luogo ad elevata torbidità), ph generalmente alcalino (in conseguenza del contatto con le polveri di cemento e calce, o dal lavaggio delle botti delle betoniere), presenza di oli e idrocarburi (derivanti da perdite dei circuiti idraulici, dai motori, dalle manutenzioni delle attrezzature) e di additivi chimici utilizzati nella pratica edilizia (come disarmanti, ritardanti, acceleranti, ecc.). Per tali ragioni non potranno essere riversate nelle acque superficiali (fiumi, canali scoli e fossi), né lasciate a dispersione nel terreno al fine di evitare di generare un impatto negativo sugli ecosistemi fluviali o sulle falde sotterranee.

In caso di scarico in fognature, dovrà essere preventivamente verificata la destinazione finale della rete e le capacità di depurazione degli impianti.

Per le attività di cantiere che richiedessero grandi consumi di risorse idriche si propongono accorgimenti per la limitazione del consumo di acqua come:

- l'adozione di sistemi di riciclaggio delle acque;
- il ricircolo di acque nei processi produttivi;

- il recupero delle acque scaricate.

Sono inoltre necessari accorgimenti per il trattamento delle acque di cantiere in fase di scarico, ovvero a seconda del carico inquinante presunto, e della tipologia di recettore finale, dovranno essere previsti di norma trattamenti di decantazione; disoleazione; normalizzazione del ph e/o flocculazione del materiale solido in soluzione e sospensione.

Dovranno essere trattati separatamente eventuali reflui di natura civile originati dai servizi igienici di cantiere e dai servizi igienico assistenziali (mensa, dormitori).

Dovranno, inoltre, essere evitati ristagni o accumuli non impermeabilizzati.

2.1.5 Impatto sul suolo

Per quanto attiene il possibile impatto sul suolo si segnala il rischio potenziale di contaminazione del terreno determinato da: versamenti accidentali di carburanti e lubrificanti; percolazione nel terreno di acque di lavaggio o di betonaggio; interrimento di rifiuti o di detriti e dispersione di rifiuti pericolosi da demolizione.

La mitigazione degli impatti - e la prevenzione dell'inquinamento potenziale - si attua prevalentemente mediante provvedimenti di carattere logistico, quali:

- lo stoccaggio dei lubrificanti e degli oli esausti in appositi contenitori dotati di vasche di contenimento;
- l'esecuzione delle manutenzioni, dei rifornimenti e dei rabbocchi su superfici pavimentate e coperte;
- la corretta regimentazione delle acque di cantiere;
- la demolizione con separazione selettiva dei materiali.

Con riferimento, invece, agli accorgimenti da adottarsi per la protezione delle alberature e la mitigazione degli impatti sulla vegetazione si dovranno proteggere apparati radicali, chiome e fusti da lesioni da contatto fisico con mezzi e attrezzature di cantiere; evitare accumuli di materiale o sversamenti di liquidi nelle aree di pertinenza delle piante e garantire con cure specifiche la sopravvivenza delle piante nelle condizioni ambientali "alterate" dalla presenza del cantiere.

2.1.6 Difesa ambientale

L'Appaltatore si impegna, nel corso dello svolgimento dei lavori, a salvaguardare l'integrità dell'ambiente, rispettando le norme attualmente vigenti in materia ed adottando tutte le precauzioni possibili per evitare danni di ogni genere.

In particolare, nell'esecuzione delle opere, deve provvedere a:

- evitare l'inquinamento delle falde e delle acque superficiali;
- effettuare lo scarico dei materiali solo nelle discariche autorizzate;
- segnalare tempestivamente al Committente ed al Direttore dei Lavori il ritrovamento, nel corso dei lavori di scavo, di opere sotterranee che possano provocare rischi di inquinamento o materiali contaminati.

3. DESCRIZIONE DEI LAVORI

3.1 Demolizioni

L'Appaltatore dovrà procedere alla demolizione parziale o totale delle sovrastrutture delle pavimentazioni esistenti ricadenti nell'area di intervento, in relazione alle superfici ed agli spessori indicati negli elaborati grafici di progetto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite secondo le modalità stabilite nei corrispondenti articoli delle presenti Norme Tecniche, adoperando tutti gli accorgimenti atti a prevenire il danneggiamento delle pavimentazioni o delle strutture adiacenti.

I materiali di risulta delle demolizioni saranno caricati e trasportati a discarica autorizzata a cura dell'Appaltatore, che dovrà, in aggiunta, farsi carico anche degli oneri di discarica secondo le modalità previste nel progetto. Fanno eccezione quei materiali che, pur se non reimpiegati, nel caso vengano prodotti in orario notturno e quindi a discarica chiusa, saranno temporaneamente accantonati nell'area di stoccaggio di cui sopra per essere poi caricati e trasportati a discarica alla prima riapertura utile della stessa (per gli oneri di discarica vale quanto sopra detto).

Durante le lavorazioni, le aree di cantiere ed i percorsi utilizzati per raggiungere le stesse aree dovranno essere mantenute costantemente pulite dall'Appaltatore mediante l'utilizzo di autospazzatrici aspiranti.

3.2 Scavi

Prima di dare inizio agli scavi l'Appaltatore è tenuto a verificare se nella zona interessata dai lavori esistano linee, cavi sotterranei o condutture di qualsiasi genere provvedendo, in caso affermativo, al loro spostamento secondo le istruzioni che verranno impartite dal Direttore dei Lavori.

Il materiale di risulta degli scavi verrà caricato e trasportato a discarica autorizzata a cura dell'Appaltatore, che dovrà, in aggiunta, farsi carico anche degli oneri di discarica secondo le modalità previste nel progetto.

Durante le lavorazioni, le aree di cantiere ed i percorsi utilizzati per raggiungere le stesse aree dovranno essere mantenute costantemente pulite dall'Appaltatore mediante l'utilizzo di autospazzatrici aspiranti.

3.3 Lavori di pavimentazioni

Completate le lavorazioni sopra descritte, si procederà alla costruzione delle pavimentazioni. Le modalità generali di costruzione della pavimentazione sono stabilite nei corrispondenti articoli delle presenti Norme Tecniche, mentre le caratteristiche geometriche e strutturali sono indicati negli elaborati di progetto.

3.4 Segnaletica orizzontale

In relazione a quanto riportato negli elaborati di progetto, l'Appaltatore dovrà provvedere al tracciamento della segnaletica orizzontale, sia provvisoria durante le fasi realizzative, sia definitiva al termine dei lavori di pavimentazione.

Le modalità di esecuzione della cancellatura della segnaletica esistente e della verniciatura sono riportate nel corrispondente articolo delle presenti Norme Tecniche.

La segnaletica di progetto dovrà essere conforme alla normativa CS-ADR-DSN ISSUE 5 (23 Giugno 2021) e definita in base alle indicazioni contenute nei seguenti documenti:

- ENAC, "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti" (Edizione 2, Emendamento 9 del 23 ottobre 2014);
- ENAC, APT-24 "Manuale della segnaletica orizzontale per i piazzali sosta aeromobili".

4. SPECIFICHE TECNICHE-MATERIALI IN GENERE

4.1 Requisiti dei materiali e delle forniture

I materiali utilizzati dovranno essere qualificati in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106/CEE (Construction Products Directive, CPD), recepita in Italia mediante il Regolamento di attuazione DPR 246/93. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla Marcatura CE che dimostri la conformità all'Appendice ZA della Norma Armonizzata di riferimento, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente.

Dovranno inoltre essere rispettate le prescrizioni di legge e quelle contenute nelle presenti Norme Tecniche e negli altri atti contrattuali, con riferimento alle Norme (CNR, UNI EN, ASTM etc.) di seguito richiamate. Ove tali richiami fossero indirizzati a norme ritirate o sostituite, la relativa valenza dovrà, salvo diversa prescrizione, ritenersi prorogata o riferita alla norma sostitutiva.

Materiali non contemplati negli atti contrattuali potranno essere ammessi solo dopo esame e parere favorevole della Direzione Lavori.

Il Direttore dei Lavori ha facoltà di rifiutare in qualunque tempo i materiali e le forniture che non abbiano i requisiti prescritti, che abbiano subito deperimenti dopo l'introduzione nel cantiere, o che per qualsiasi causa non risultassero conformi alle condizioni contrattuali. L'Appaltatore dovrà provvedere a rimuovere dal cantiere le forniture ed i materiali rifiutati e a sostituirli a sue spese con altri idonei. Ove l'Appaltatore non effettuasse la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, la Committente potrà provvedere direttamente ed a spese dell'Appaltatore, a carico del quale resterà anche qualsiasi danno derivante dalla rimozione così eseguita.

4.2 Aggregati per miscele

Gli aggregati risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso è costituito da elementi approssimativamente poliedrici ottenuti dalla frantumazione di ciottoli o pietrame, trattenuti al setaccio UNI EN di apertura 4 mm. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nei paragrafi che seguono.

L'aggregato fino, passante al setaccio UNI EN 4 mm, deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nei relativi articoli delle presenti Norme Tecniche.

Tutti gli aggregati, per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE applicata con riferimento al sistema di attestazione di

conformità previsto dal D.M. 11/04/2007 (All. 2) e dal D.M. 16/11/2009 (All. 2), in attuazione della Direttiva 89/106/CEE recepita in Italia con il D.P.R. 21/04/1993.

Si distinguono in proposito due categorie di aggregati:

- quelli impiegati negli strati che compongono la sovrastruttura, per i quali i Decreti Ministeriali suddetti riconoscono l'“uso in elementi strutturali” e richiedono la marcatura CE applicata con riferimento al sistema di attestazione più stringente (2+);
- quelli impiegati negli strati di riempimento, rilevato e sottofondo, per i quali i Decreti Ministeriali suddetti riconoscono l'“uso non strutturale” e richiedono la marcatura CE applicata con riferimento al sistema di attestazione meno rigido (4).

I risultati delle prove di tipo devono essere riportati sottoforma di codice europeo nell'etichetta di marcatura CE, la quale, specifica per ogni singolo prodotto, deve accompagnare fisicamente il documento di trasporto di ogni fornitura. Si rimanda in particolare alle indicazioni riguardanti la designazione ed i requisiti di accettazione degli aggregati, siano essi di origine naturale, industriale o riciclati, fornite ai relativi paragrafi.

Il punto di riferimento in merito è costituito principalmente dalle seguenti Norme Armonizzate:

- UNI EN 13242, Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade;
- UNI EN 13043, Aggregati per miscele bituminose per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico.

4.3 Bitumi con emulsioni bituminose

I leganti bituminosi utilizzati nelle pavimentazioni dovranno essere muniti di marcatura CE in conformità alle Norme Armonizzate UNI EN ed ai relativi allegati ZA.

4.3.1 *Bitumi tal quali*

Sono quei leganti impiegati senza alcun trattamento per la produzione di conglomerati bituminosi a caldo. Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche di questi prodotti è la Norma UNI EN 12591, Specifiche per i bitumi per le applicazioni stradali. I requisiti che devono essere verificati sono relativi sia alla consistenza del prodotto prelevato dalle cisterne di stoccaggio, sia alle medesime caratteristiche dopo la simulazione di invecchiamento condotta secondo la Norma UNI EN 12607-1 (RTFOT, Rolling Thin Film Oven Test), al fine di valutare gli effetti prodotti sul legante durante il confezionamento del conglomerato bituminoso in impianto.

4.3.2 *Bitumi modificati*

I bitumi modificati sono leganti costituiti da bitumi di base ed appositi polimeri ed additivi, in grado di garantire una maggiore durata a fatica dei conglomerati bituminosi riducendo l'attitudine all'accumulo di deformazione. La produzione di questi leganti avviene in impianti industriali dove si procede a miscelare intimamente i bitumi di base (dotati di particolari caratteristiche in funzione del rapporto tra asfaltini/resine e saturi/aromatici) con polimeri di natura prevalentemente elastomerica (tipo SBS-L, elastomeri a struttura lineare, o SBS-R, elastomeri a struttura radiale). Non è ammessa la modifica del bitume qualora si realizzi attraverso l'impiego di polimeri durante la fase di confezionamento delle miscele bituminose.

Oltre che nel confezionamento di miscele a caldo, tali bitumi potranno essere impiegati come mano di attacco ad alte prestazioni al di sotto degli strati di usura tipo SMA, sulle aree sottoposte a fresatura parziale di strati in conglomerato bituminoso (nel caso di risanamenti superficiali) o in corrispondenza dei giunti longitudinali. Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche di questi prodotti è la Norma UNI EN 14023, Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri. Oltre ai requisiti previsti per i bitumi normali devono essere definite le caratteristiche relative alla viscosità dinamica, al ritorno elastico ed alla stabilità nello stoccaggio.

4.3.3 *Emulsioni bituminose*

L'emulsione bituminosa è una dispersione di bitume in acqua ottenuta mediante utilizzo di energia meccanica per la miscelazione e l'impiego di un agente tensioattivo emulsionante. La classificazione

delle emulsioni bituminose è basata sul carattere ionico (anioniche-basiche e cationiche-acide), sulla percentuale di bitume residuo e sulla velocità di rottura o presa (rapida, media, lenta). È composta da bitume, fluidificanti, acqua ed emulsionanti.

a) Bitume

I leganti di base utilizzati per la produzione di emulsione bituminosa sono bitumi "tal quali" o bitumi "modificati" con polimeri. Nell'emulsione il contenuto di bitume può variare dal 50% al 70%.

b) Fluidificanti

Sono prodotti oleosi a bassa viscosità che vengono aggiunti al bitume.

c) Acqua

L'acqua utilizzata non deve contenere impurità organiche (sospensioni colloidali) o minerali. Qualora necessario l'acqua dovrà essere corretta per renderla della durezza appropriata.

d) Emulsionanti

Sono prodotti chimici classificati in base al loro comportamento di dissociazione in acqua che permettono la dispersione del bitume e favoriscono l'adesione di quest'ultimo agli aggregati. Il riferimento per la classificazione e per la determinazione delle caratteristiche di questo prodotto è la Norma UNI EN 13808, Specifiche tecniche per le emulsioni bituminose cationiche, da applicare a prodotti campionati secondo la UNI EN 58.

All'atto dell'impiego dell'emulsione su strada dovrà essere cura della Direzione Lavori controllare se nei fusti si sia formata un'eventuale separazione di bitume e di acqua, che non sia riemulsionabile per agitazione. Comunque, se nell'emulsione riomogeneizzata per sbattimento si presentassero numerosi grumi specie se grossolani (il che è facilmente controllabile introducendo una bacchetta entro il fusto ed esaminando il velo di emulsione che su di essa aderisce) l'emulsione sarà scartata. Dovranno usarsi emulsioni acide adottando, nella preparazione delle emulsioni, emulsivi "cationici" quali le ammine ad alto peso molecolare, come l'oleilammina, la stearilammina e derivati analoghi.

In particolare, le emulsioni cationiche per mano d'attacco dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

Emulsioni cationiche per mano d'attacco				
Requisito	Normativa	Unità di misura	Tipo di emulsione	
			a rapida rottura	a media rottura
Polarità delle particelle	UNI EN 1430	-	positiva	positiva
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	≤40	≤45

Contenuto minimo di bitume (residuo per distillazione)	UNI EN 1431	%	60	55
Grado di acidità (pH)	UNI EN 12850		2-5	2-5
Caratteristiche del bitume estratto				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50-120	100-150
Punto di rammollimento*	UNI EN 1427	°C	≥40	≥40
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	≤-8	≤-8
(*) determinato sul residuo bituminoso (UNI EN 13074)				

Per le superfici pavimentate dove il presente progetto prevede l'impiego di un'emulsione bituminosa modificata con polimeri, la stessa avrà le caratteristiche di cui alla seguente Tabella.

Emulsione bituminosa modificata al 70%			
Requisito	Normativa	Unità di misura	Valori di soglia
Polarità delle particelle	UNI EN 1430	-	Positiva
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	%	30 ± 1
Contenuto di legante + flussante	UNI EN 1431	%	70 ± 1
Contenuto di flussante (%)	UNI EN 1431	%	0
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	<10
Caratteristiche del residuo bituminoso (recuperato per evaporazione UNI EN 13074)			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50 – 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 65
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75

4.4 Acqua

L'acqua dovrà essere dolce, limpida e scevra da materie terrose od organiche, o comunque dannose, e non aggressiva. Avrà un pH compreso tra 6 ed 8 ed una morbidezza non superiore al 2%.

Per impasti cementizi non dovrà presentare sali, quali cloruri e solfati in concentrazioni superiori allo 0.5% e rispondere ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 1086 del 05/11/1971 (D.M. 14/02/1992, UNI EN 1008 e successivi aggiornamenti).

E' vietato l'impiego di acqua di mare salvo specifica autorizzazione. Tale divieto è tassativo per i calcestruzzi armati e per tutte le strutture inglobanti materiali soggetti a corrosione.

4.5 Leganti idraulici

Si farà uso di cementi classificati secondo la Norma Armonizzata UNI EN 197-1 come tipo I (Portland), tipo II (Portland al calcare-A/L), tipo III (Alto forno), tipo IV (Pozzolanic) indicativamente di classe 32.5 o 42.5. In base a quanto disposto dalla suddetta Norma, tali cementi dovranno essere provvisti di marcatura CE. Dovranno inoltre garantire un tempo d'inizio presa, determinato in accordo con la UNI EN 196-3 alla temperatura di riferimento di 30 °C, non inferiore alle due ore ed avere una finezza, determinata secondo la UNI EN 196-6 mediante permeabilmetro ad aria (Blaine), inferiore a 4200 cmq/g.

Qualora si usi cemento dei tipi I o II questo dovrà avere un tenore in alluminato tricalcico (C3A) al massimo uguale all'8%. La cementeria dovrà garantire la composizione, qualunque sia il tipo di cemento fornito, con riferimento alla Norma UNI 9156.

Lo stabilimento di produzione del legante dovrà garantire, per mezzo di idonei dispositivi o cicli di lavorazione, che il cemento impiegato al momento del confezionamento del calcestruzzo non presenti temperature superiori ai 50 °C.

I cementi impiegati potranno essere oggetto di verifica da parte della Direzione Lavori tramite il laboratorio di fiducia al momento del loro approvvigionamento.

I leganti idraulici dovranno essere forniti in sacchi sigillati del peso di 50 kg, recanti impressi in modo indelebile il nome della ditta fabbricante nonché la specie del legante. I sacchi dovranno essere forniti in cantiere in perfetto stato ed essere conservati in locali asciutti. Per i cementi sfusi le qualità e provenienze dovranno essere dichiarate dalle bolle di accompagnamento della merce. Lo stoccaggio sarà effettuato in adeguati silos.

4.5.1 Additivi per calcestruzzi

Gli additivi per calcestruzzi e malte, a qualunque tipo appartengano (fluidificanti, aeranti, acceleranti, antigelo, ad azione combinata), dovranno essere conformi alla specifica normativa UNI EN 934-2.

Gli additivi dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche del calcestruzzo o della malta (lavorabilità, resistenza, impermeabilità, uniformità, adesione, durabilità) e dovranno essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove eseguite da un Laboratorio Ufficiale, la conformità del prodotto ai requisiti richiesti ed alle disposizioni vigenti.

Gli additivi dovranno essere forniti in cantiere e conservati fino al momento dell'impiego, nelle condizioni specificate dal produttore.

Gli additivi a base di aggregati metallici ferrosi catalizzati, per malte e calcestruzzi esenti da ritiro od a espansione controllata, dovranno essere esenti da prodotti chimici generatori di gas, nonché da oli, grassi e particelle metalliche non ferrose; l'aggregato metallico base sarà permeabile all'acqua e non conterrà più dello 0.75% di materiale solubile in acqua.

4.6 Ghiaia, pietrisco e sabbia per calcestruzzi e murature

Gli aggregati lapidei utilizzati per la produzione di calcestruzzo e malte dovranno essere provvisti di marcatura CE, applicata con riferimento al sistema di attestazione di conformità previsto dal D.M. 11/04/2007 (All. 2), in attuazione della Direttiva 89/106/CEE recepita in Italia con il D.P.R. 21/04/1993. Nel dettaglio, essi dovranno essere designati in conformità alle seguenti Norme armonizzate:

- UNI EN 12620, Aggregati per calcestruzzo;
- UNI EN 13055, Aggregati leggeri per calcestruzzo e malta;
- UNI EN 13139, Aggregati per malta.

4.7 Materiali ferrosi e metalli vari

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature, tagli e da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura etc.

- a) Acciai per armature di conglomerato cementizio normale in barre tonde o lisce o in barre ad aderenza migliorata

Dovranno soddisfare alle norme del D.M. 17 gennaio 2018, come di seguito riportate.

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$f_{y\text{ nom}}$	450 N/mm ²
$f_{t\text{ nom}}$	540 N/mm ²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tabella.

Caratteristiche	Requisiti	Fratte (%)
Tensione caratteristica di snervamento (f_{yk})	$\geq f_{y\text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura (f_{tk})	$\geq f_{t\text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	10.0
$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento ($A_{gt,k}$)	$\geq 7.5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
per $\Phi < 12$ mm	4 Φ	
per $12 \leq \Phi \leq 16$ mm	5 Φ	
per $16 < \Phi \leq 25$ mm	8 Φ	
per $25 < \Phi \leq 40$ mm	10 Φ	

- b) Acciai per reti e tralicci elettrosaldati

Dovranno soddisfare le norme contenute nel D.M. 17 gennaio 2018, p.to 11.3.2.5, che si intendono qui integralmente riportate.

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare 330 mm. I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature.

Per le reti ed i tralicci costruiti con acciaio B450C gli elementi base devono avere diametro d che rispetta la limitazione: $6 \text{ mm} \leq d \leq 16 \text{ mm}$. Per le reti ed i tralicci costruiti con acciaio B450A gli elementi base devono avere diametro d che rispetta la limitazione: $5 \text{ mm} \leq d \leq 10 \text{ mm}$. Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere tale che $d_{\min}/d_{\max} \geq 0.6$.

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la Norma UNI EN ISO 15630-2 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm². Tale resistenza al distacco della saldatura nel nodo va controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione riportate nel D.M. 17/01/2018.

4.8 Geotessile

L'impiego di geotessili è previsto in corrispondenza del fondo scavo o della superficie di separazione di strati in materiale non legato, con funzione anticontaminante e di filtrazione. Sono impiegati inoltre come materiale anti-frizione, accoppiati a teli in polietilene sul piano di posa delle lastre in calcestruzzo.

Per poter essere ritenuti impiegabili, tali tappeti dovranno riportare idonea marcatura CE, con riferimento alla Norma armonizzata UNI EN 13249, Geotessili e prodotti affini, Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione nei conglomerati bituminosi).

4.9 Segnaletica orizzontale

Le caratteristiche delle vernici da impiegare per le segnaletiche orizzontali sono descritte nel prosieguo delle presenti Norme Tecniche.

5. SPECIFICHE TECNICHE-MODO DI ESECUZIONE DELLE LAVORAZIONI

5.1 Rilievi, capisaldi, tracciamenti e interferenze

5.1.1 Rilievi

Prima di dare inizio a lavori che interesseranno in qualunque modo movimenti di materie, l'Appaltatore dovrà verificare la rispondenza dei piani quotati, dei profili e delle sezioni.

Nel caso tali rilievi non risultassero completi di tutti gli elementi necessari, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere, in sede di consegna od al massimo entro 15 giorni dalla stessa, l'esecuzione dei rilievi in contraddittorio e la redazione dei grafici relativi.

5.1.2 Capisaldi

Tutte le quote dovranno essere riferite a capisaldi di facile individuazione e di sicura inamovibilità, così da consentire in ogni momento immediati e sicuri controlli fino all'approvazione del Collaudo. L'elenco dei capisaldi sarà annotato nel verbale di consegna od in apposito successivo verbale.

Spetterà all'Appaltatore l'onere della conservazione degli stessi fino al collaudo ed il relativo ripristino di quelli che eventualmente venissero rimossi. Qualora i capisaldi non esistessero sarà cura dell'Appaltatore realizzarli e disporli opportunamente. I capisaldi dovranno avere ben visibili ed indelebili i dati delle coordinate ortogonali e la quota altimetrica.

5.1.3 Tracciamenti

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire la picchettazione completa delle opere e ad indicare con opportune modine i limiti degli scavi e degli interventi. Sarà tenuto altresì al tracciamento di tutte le opere, in base agli esecutivi di progetto, con l'obbligo di conservazione dei picchetti e delle modine.

5.1.4 Interferenze

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore è tenuto a verificare se eventualmente nelle zone nelle quali dovrà eseguire i lavori esistano linee, cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, oleodotti, metanodotti, ecc.) provvedendo, in caso affermativo, al loro spostamento, previa autorizzazione scritta della Direzione Lavori, secondo i dati e le informazioni che la Direzione Lavori potrà impartire. L'Appaltatore è tenuto altresì a porre in atto tutti gli accorgimenti necessari per poter eseguire i lavori senza provocare danni, tenuto conto oltretutto del fatto che tutti i sottoservizi presenti dovranno essere riprotetti senza che subiscano alcuna interruzione di esercizio, salvo diverse indicazioni espressamente riportate in progetto o impartite dalla Direzione Lavori.

I relativi maggiori oneri che dovessero derivare all'Appaltatore per l'esecuzione delle opere in dette condizioni si intendono compresi e compensati nell'offerta di gara.

Qualora, nonostante le cautele adottate, si dovessero manifestare danni ai cavi, ai condotti, ecc., l'Appaltatore dovrà darne immediato avviso agli Enti comunque interessati e alla Direzione Lavori.

5.2 Demolizioni e rimozioni

5.2.1 Generalità

Prima di iniziare i lavori in argomento l'Appaltatore dovrà accertare con ogni cura la natura, lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire, disfare o rimuovere, al fine di affrontare con tempestività e adeguatezza di mezzi ogni evenienza che possa comunque presentarsi.

Salvo diversa prescrizione, l'Appaltatore disporrà la tecnica più idonea, le opere provvisorie, le segnalazioni diurne e notturne, i mezzi d'opera, i macchinari e l'impiego del personale. Di conseguenza sia il Committente che il personale tutto di direzione e sorveglianza resteranno esclusi da ogni responsabilità connessa all'esecuzione dei lavori di che trattasi.

Prima di dare inizio alle demolizioni dovranno essere interrotte le erogazioni agli impianti esistenti nella zona dei lavori; a tal fine l'Appaltatore dovrà prendere direttamente accordi con le rispettive Società o Enti erogatori. I serbatoi e le tubazioni dovranno essere vuotati, gli attacchi chiusi. Dovranno essere interrotte le erogazioni agli impianti suddetti anche nelle demolizioni parziali o di limitata estensione; ciò data la possibile presenza di conduttori e canalizzazioni incassati o interrati.

Le reti elettriche disposte per la esecuzione dei lavori dovranno essere bene individuabili e idoneamente protette. A seconda delle necessità riscontrate nella verifica preventiva delle strutture da demolire, disfare o rimuovere, nonché di quelle successivamente nascenti nel corso dei lavori e per evitare crolli improvvisi, dovranno essere eseguiti puntellamenti, rafforzamenti ed opere consimili. Tali opere di puntellamento e di rafforzamento non dovranno mai creare nuove sollecitazioni interne nelle strutture interessate, particolarmente in quelle di eventuali edifici adiacenti e, contrariamente ai lavori di demolizione, dovranno essere eseguite procedendo dal basso verso l'alto.

5.2.2 Disposizioni antinfortunistiche

Dovranno essere osservate, in fase esecutiva, tutte le normative antinfortunistiche emanate ed emendate.

5.2.3 Demolizioni parziali o totali della pavimentazione

Le attrezzature proposte dall'Appaltatore dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate dalla Direzione Lavori.

Lo spessore della demolizione dovrà essere mantenuto costante in tutti i tratti indicati negli elaborati di progetto e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

Nelle aree interessate dalla demolizione di strati in calcestruzzo, in misto cementato e in misto granulare, la lavorazione sarà effettuata con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori etc. Le operazioni di demolizione saranno precedute, ove necessario, dal taglio a completo spessore al fine di realizzare la sconnessione con la pavimentazione non oggetto di intervento. Le pareti dello scavo dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sregolature. Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire o sui fognoli della rete di smaltimento delle acque meteoriche dovranno essere riparati a cura e spese dell'Appaltatore. Questi è inoltre tenuto, a richiesta della Direzione Lavori, a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita prima di procedere su di essa alle successive lavorazioni previste dal progetto.

In caso di discordanze e su indicazione della Direzione Lavori occorrerà, a cura e spese dell'Appaltatore, adeguare convenientemente lo spessore degli strati sovrastanti o procedere all'asportazione di quello sottostante in eccesso. In quest'ultimo caso si dovrà eseguire nuovamente, ove del caso e sempre a cura e spese dell'Appaltatore, il costipamento dello strato. Le risultanze delle verifiche dei piani quotati di progetto saranno altresì utilizzate ai fini della determinazione degli spessori degli strati posti in opera.

5.2.4 Demolizioni di sottoservizi e manufatti cementizi in genere

La demolizione parziale o totale sarà effettuata mediante attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori, idrodemolitori, etc. Le operazioni di demolizione saranno precedute, ove necessario, dal taglio delle eventuali armature metalliche presenti. Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Appaltatore.

5.2.5 Rimozione e allontanamento dei materiali Risultanti dalle demolizioni

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla rimozione dei materiali e dei manufatti demoliti esistenti sull'area interessata dai lavori, compreso il trasporto, lo scarico alla pubblica discarica all'esterno del sedime aeroportuale a qualsiasi distanza; tali spese saranno comprensive dei relativi oneri di discarica. I materiali che vengono prodotti a discarica chiusa, saranno temporaneamente accantonati nell'area di stoccaggio dedicata per essere poi caricati e trasportati alla discarica alla riapertura della stessa (per gli oneri di discarica vale quanto sopra detto).

Tale area dovrà essere preventivamente predisposta a cura e spese dell'Appaltatore alla messa in riserva del materiale prodotto e realizzata secondo le prescrizioni di cui al D. Lgs. 03/04/2006, n. 152 (Testo Unico Ambientale).

5.3 Scavi in genere

5.3.1 Aspetti generali relativi all'apertura degli scavi

Nell'esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati e le scarpate raggiungano l'inclinazione prevista nel progetto o che sarà ritenuta necessaria e prescritta dalla Direzione Lavori allo scopo di impedire scoscendimenti e franamenti.

L'Appaltatore sarà totalmente responsabile di eventuali danni alle persone, alle cose ed alle opere, anche se avvenuti nonostante le precauzioni adottate e dovrà, a sua cura e spese, provvedere alla rimozione e all'allontanamento dal cantiere delle materie franate, restando obbligato al risarcimento degli eventuali danni.

Tutti gli scavi dovranno essere eseguiti in conformità alle indicazioni dei disegni di progetto ed alle prescrizioni del Direttore dei Lavori.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materia con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da dare gli scavi, possibilmente, completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato; inoltre dovrà aprire senza indugio i fossi e le cunette occorrenti per assicurare il deflusso delle acque anche, se occorre, con canali fuggatori, mantenendoli efficienti a sue cure e spese.

Le materie provenienti dagli scavi saranno trasportate a discarica autorizzata all'esterno del sedime aeroportuale a qualsiasi distanza.

Le aree di deposito dovranno essere scelte in modo che le materie depositate non arrechino danno ai lavori o provochino frane od ostacolino il libero deflusso delle acque pubbliche o private.

Qualora gli scavi avvengano in presenza d'acqua ma il livello dell'acqua naturalmente sorgente non superi i 20 cm, l'Appaltatore è tenuto a suo carico a provvedere agli esaurimenti di essa con i mezzi più opportuni.

Qualora l'acqua raggiunga invece livelli superiori l'Appaltatore dovrà provvedere con mezzi idonei di sufficiente portata e secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

L'Appaltatore sarà tenuto ad evitare il recapito entro gli scavi di acqua proveniente dall'esterno. Nel caso che ciò si verificasse resterebbe a suo carico la spesa per i necessari aggettamenti.

Di norma gli scavi saranno eseguiti da valle verso monte in modo da garantire lo scolo naturale delle acque.

Le superfici dei tagli dovranno essere spianate e gli spigoli essere profilati.

Rimane a carico dell'Appaltatore il riempimento, secondo quanto disporrà il Direttore dei Lavori, delle parti di scavo che risultassero eseguite in eccedenza agli ordini ricevuti, senza che ciò dia diritto ad alcun compenso né per lo scavo né per il riempimento.

Qualora nella zona dove vengono eseguiti gli scavi si incontrassero gallerie di qualsiasi natura, l'Appaltatore dovrà adottare di sua iniziativa tutti i provvedimenti di urgenza più adatti al caso specifico, in modo da escludere ogni possibilità di franamento e danni alle persone ed ai lavori in genere, chiudendo anche tutti gli accessi a dette gallerie ricadenti nella zona del suo cantiere.

Per l'esecuzione dei provvedimenti definitivi l'Appaltatore si dovrà attenere alle disposizioni che saranno impartite dal Direttore dei Lavori.

L'Appaltatore dovrà a sua cura e spese provvedere ad ogni opera occorrente per la deviazione ed il convogliamento delle acque superficiali di qualsiasi natura e provenienza, onde evitare che si riversino nei cavi o che arrechino comunque danni agli scavi ed ai movimenti di materie in genere.

Qualora per l'incoerenza delle materie oppure per la profondità e l'altezza degli scavi, o qualora lo scavo debba essere effettuato al disotto dell'acqua sorgiva od in qualunque modo sia soggetto a riempirsi d'acqua, ed ogni volta che occorra, l'Appaltatore avrà l'onere di provvedere al puntellamento ed alla sbadacchiatura degli scavi con robuste armature in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo le persone e le cose, ed impedire smottamenti di materie durante l'esecuzione degli scavi e successivamente.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle cose, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza od insufficienza delle armature, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni necessarie ed opportune.

Nel caso che le materie risultanti dallo scavo non vengano trasportate subito allo scarico, l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immediato allontanamento dal ciglio degli scavi, restando altrimenti l'unico responsabile dei danni, anche di forza maggiore, che potessero derivare ai lavori, alle persone, alle cose; la successiva ripresa delle materie, il loro carico ed il loro trasporto, scarico e sistemazione a duna saranno a cura e spese dell'Appaltatore.

5.3.2 Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intendono gli scavi la cui larghezza del vano scavato, misurata sul piano finito di scavo, sia uguale o superiore alla profondità, nonché quelli che abbiano almeno un fronte aperto.

5.3.3 Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione si intendono tutti gli scavi la cui larghezza sia inferiore alla profondità del vano scavato. Scavi di larghezza inferiore ai 2.00 m, qualunque sia il rapporto tra larghezza e profondità, debbono intendersi scavi a sezione obbligata.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra a falde inclinate essi potranno essere disposti a gradoni ed anche con determinate contropendenze.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e si dovrà, occorrendo, sostenerle con conveniente armatura e sbadacchiatura.

5.3.4 Scavi a mano

Previa autorizzazione della Direzione Lavori, saranno effettuati a mano gli scavi, di sbancamento o di fondazione, da eseguirsi con particolari cautele, come ad esempio in prossimità di sottoservizi o di manufatti.

5.4 Stabilizzazioni con calce e/o cemento del terreno di imposta della pavimentazione

5.4.1 Generalità

Il processo di stabilizzazione consiste nel mescolare intimamente il terreno di imposta della pavimentazione, avente natura argillosa e/o limosa, con calce e/o cemento di apporto, in quantità tali da modificarne le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità), così da renderle idonee per la formazione di uno strato che dopo il costipamento presenti adeguata resistenza meccanica e stabilità all'azione dell'acqua.

Si prestano al trattamento con calce le terre dei gruppi A6 e A7 della classificazione UNI 11531-1 non eccessivamente plastiche. Ghiaie argillose, identificabili come A2-6 e A2-7, possono essere convenientemente stabilizzate con calce, quando contengano una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere convenientemente trattate a calce, altresì, le vulcaniti vetrose, costituite da terre pozzolaniche ricche di silice amorfa.

In ogni caso, la terra deve essere priva di elementi di grosse dimensioni, tali da impedire l'azione dei mezzi di miscelazione.

L'attitudine al trattamento dei terreni, differenziata in relazione alla destinazione del materiale, deve risultare da appositi studi preliminari di laboratorio attraverso i quali sono determinati anche i dosaggi di legante da adoperare ed il campo dei tenori in acqua da osservare nel costipamento delle miscele.

Nel caso di terre appartenenti ai gruppi A4 e A5 la calce aerea può essere utilizzata esclusivamente per ridurre l'umidità del terreno naturale per esigenze di compattazione.

In questo caso, per migliorare le caratteristiche meccaniche dei materiali e renderle stabili nel tempo, occorre aggiungere, successivamente alla calce, leganti idraulici quali cemento Portland 32,5. I requisiti meccanici delle miscele terra-calce-cemento, devono essere i medesimi richiesti per le miscele terra-calce. La stabilizzazione mista con calce e successivamente con cemento può essere utilizzata anche in presenza di argille ad elevata plasticità ($IP > 20$), se interessa acquisire la stabilità all'acqua delle miscele a breve termine (entro 30÷40 giorni dalla stabilizzazione).

5.4.2 Materiali

Le specifiche di qualificazione dei materiali sono descritte nelle Norme UNI EN 14227-11, Terra trattata con calce e UNI EN 14227-10, Terra trattata con cemento.

5.4.3 Calce

Per l'esecuzione della stabilizzazione verrà impiegata calce aerea idrata sfusa in polvere, avente le caratteristiche chimiche (UNI EN 459-2, Calci da costruzione, Metodi di prova) e granulometriche di seguito riassunte.

Caratteristiche chimico-fisiche della calce idrata	
Requisito	Valori limite
Tenore in MgO	≤8%
Titolo in idrati totali	>85%
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	≤5%
Umidità	≤2%
Passante al setaccio 2 mm	100%
Passante al setaccio 0,063 mm	≥90%

L'eventuale acqua di apporto deve risultare priva di impurità e di materie organiche.

5.4.4 Cemento

Potranno essere impiegate le seguenti tipologie principali, tra quelle riportate nella Norma UNI EN 197-1, Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni:

- CEM I Cemento (Portland);
- CEM IV Cemento (pozzolanico)

La classe di resistenza sarà 32,5.

In ogni caso, la composizione del legante dovrà risultare conforme a quanto previsto nel Prospetto 1 della suddetta Norma. E' richiesta inoltre la conformità alla Direttiva 89/106/CEE secondo quanto riportato nell'Allegato ZA della UNI EN 197-1 ed in base al sistema di attestazione stabilito dalle vigenti leggi.

L'eventuale acqua di apporto deve risultare priva di impurità e di materie organiche.

5.4.5 Accettazione della miscela

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, uno studio di verifica della miscela che tenga conto delle condizioni operative di cantiere e dei leganti effettivamente adottati. La miscela proposta verrà sottoposta a sperimentazione sul campo, per verificare l'idoneità dei mezzi di spandimento, di miscelazione e di costipamento. Una volta accettati dalla Direzione Lavori i mezzi e le modalità di lavorazione, i risultati acquisiti in campo prova saranno utilizzati come riferimento per i controlli di esecuzione e, in particolare, per il controllo del costipamento e del dosaggio di legante.

Lo studio di verifica della miscela comprende prove di carattere generale riguardanti l'identificazione dei terreni e dei leganti di apporto e prove specifiche dipendenti dall'obiettivo del trattamento per la determinazione delle formule di dosaggio.

Le prove di carattere generale, in particolare, riguardano:

- a) per i terreni: la determinazione della granulometria, dei limiti di consistenza, del contenuto d'acqua naturale, dell'eventuale presenza di sostanze organiche nonché della natura mineralogica;
- b) per i leganti: l'accertamento dei requisiti per essi richiesti, secondo quanto riportato in precedenza.

Le prove specifiche di dosaggio sono riferite, in questo caso, alle proprietà che assicurino buone condizioni di posa in opera per le miscele: lavorabilità, compattabilità e sufficiente portanza dopo costipamento, per ottenere un supporto di rigidità conveniente nella costruzione degli strati successivi.

La lavorabilità sarà esaminata attraverso lo studio delle variazioni dei limiti di consistenza in funzione del dosaggio di legante: per soddisfare questo requisito occorre che quest'ultimo sia non inferiore a quello minimo, aumentando il quale non si hanno significative diminuzioni del limite di plasticità delle miscele.

Per quanto riguarda la portanza, occorre che le miscele forniscano un indice CBR a breve termine maggiore di 40 (valore determinato secondo la Norma UNI EN 13286-47, previa immersione in acqua per 4 giorni, su miscela compattata ad energia prossima a quella del procedimento AASHTO Modificato).

I dosaggi così determinati possono essere modificati (in aumento) per tenere conto delle alee costruttive (spandimento, miscelazione, attese prima del costipamento) ovvero, in presenza di umidità naturali elevate, per ridurre più energicamente il tenore in acqua del terreno.

La tenuta all'imbibizione va valutata, invece, rapportando la resistenza allo schiacciamento di provini cilindrici che nell'ultima parte del periodo di maturazione sono immersi per 7 giorni in acqua ($R(x+7i)$), rispetto a quella di provini di pari età maturati per tutto il periodo di stagionatura in condizioni protette ($R(x+7)$). La resistenza all'azione dell'acqua può giudicarsi acquisita allorché detto rapporto risulti $\geq 0,8$, stante un valore di x che può ragionevolmente porsi pari a 28 giorni.

L'accettazione dello Studio da parte della Direzione Lavori è subordinata alla verifica positiva della posa in opera in campo prova della miscela così composta.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa deve attenersi rigorosamente. Ad ogni variazione delle caratteristiche così stabilite, sia per provenienza, sia per tecnica di miscelazione, dovrà essere ripresentata la documentazione di qualifica del materiale.

5.5 Strato di fondazione in misto granulare

5.5.1 Generalità

Lo strato di fondazione delle sovrastrutture si intende realizzato con misto granulare non legato, una miscela selezionata di aggregati naturali, artificiali oppure riciclati.

5.5.2 Formazione e stoccaggio dei lotti

Nell'ambito delle presenti Norme Tecniche, il termine lotto, riferibile sia ai materiali provenienti dalle demolizioni che a quelli naturali, indica la quantità di produzione, la quantità consegnata (anche parziale) o il cumulo prodotto in una sola volta ed in condizioni presumibilmente uniformi. In caso di produzione continua, il lotto è la quantità prodotta durante un periodo prestabilito.

I lotti devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri.

In particolare, l'area di stoccaggio degli aggregati riciclati dovrà essere predisposta a cura e spese dell'Appaltatore con gli accorgimenti necessari alla messa in riserva del materiale demolito e dovrà rispondere alle prescrizioni di dettaglio indicate nel seguito (A.5, allegato A).

L'accumulo del materiale dovrà avvenire con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione.

5.5.3 Materiali

Gli aggregati e le loro miscele devono essere designati in conformità alle Norme UNI EN 13242 ed UNI EN 13285. Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato secondo la Norma UNI EN 932-1.

Gli aggregati, tal quali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, etc. Ai fini delle verifiche contenute nelle presenti Norme Tecniche si distinguono in aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4 mm UNI EN) ed aggregati fini (passanti al setaccio da 4 mm UNI EN).

5.5.4 Requisiti fisico-meccanici

AGGREGATO GROSSO

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella seguente Tabella.

Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari per strati di fondazione

Parametro	Normativa	U.d.M.	Valori limite
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	< 30
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	63
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 35
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 35

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella seguente Tabella.

Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari per strati di fondazione

Parametro	Normativa	U.d.M.	Valori limite
Valutazione dei fini Equivalente in sabbia (*)	UNI EN 933-8	%	35 - 60
Valutazione dei fini (alternativo) Blu di metilene	UNI EN 933-9	g/kg	<2
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12	%	N. P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12	%	< 25

(*) Il limite superiore dell'equivalente in sabbia potrà essere modificato, a giudizio della D.L., in funzione della provenienza e delle caratteristiche del materiale

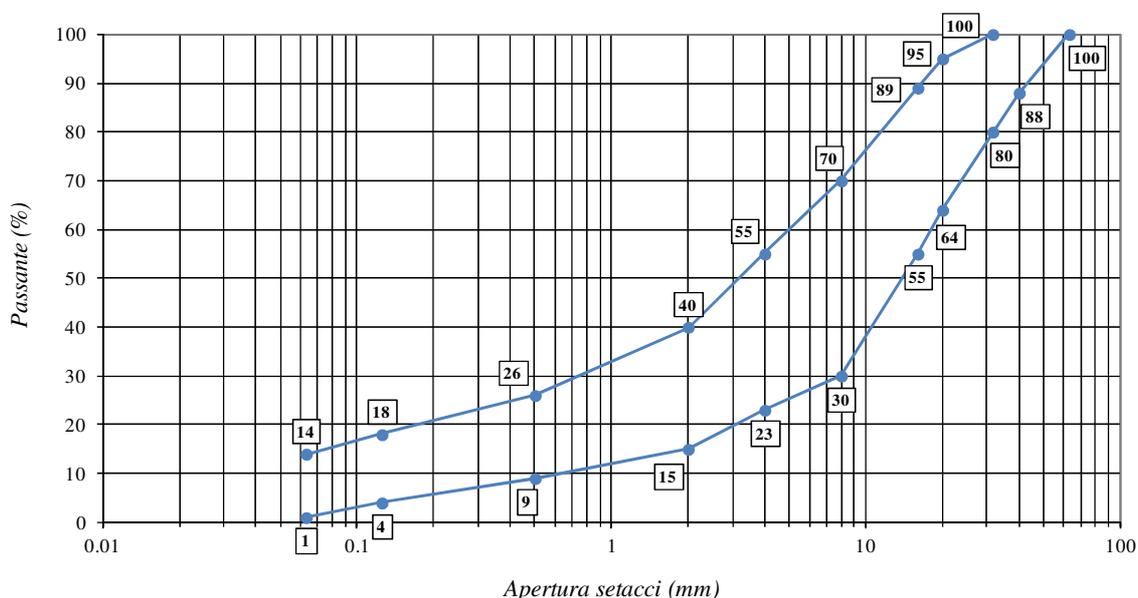
ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO

La composizione granulometrica della miscela di aggregati, determinata in conformità alle norme UNI EN 13242 ed UNI EN 13285 utilizzando i setacci appartenenti al "gruppo base più gruppo 2", dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente Tabella.

Requisiti granulometrici della miscela di aggregati per misto granulare.

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
63	100

40	88 - 100
31,5	80 - 100
20	64 - 95
16	55 - 89
8	30 - 70
4	23 - 55
2	15 - 40
0,5	9 - 26
0,125	4 - 18
0,063	1 - 14



La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato finito ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI EN 0,063 mm ed il passante al setaccio UNI EN 0,5 mm deve essere inferiore a $2/3$.

L'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) di provini costipati alla massa volumica del 100% AASHTO Mod dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (determinato sul materiale passante al setaccio UNI EN 20 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione in fase di Progetto della stessa ed in ogni caso maggiore di 50. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

5.5.5 Accettazione del misto granulare

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione eseguito in laboratorio che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali effettuate, attestanti il possesso dei requisiti elencati in precedenza. Sulla miscela dovrà essere effettuata la prova AASHTO modificata secondo la Norma UNI EN 13286-2 per conoscere la massima massa volumica del secco e la quantità ottima di acqua di compattazione.

L'accettazione dello Studio da parte della Direzione Lavori è subordinata alla verifica positiva della posa in opera in campo prove della miscela così composta. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa deve attenersi rigorosamente. Ad ogni variazione delle caratteristiche della miscela, sia per provenienza, sia per tecnica di miscelazione, dovrà essere ripresentata la documentazione di qualifica del materiale.

5.6 Strato di fondazione in misto cementato confezionato in centrale

5.6.1 Generalità

Il misto cementato sarà costituito da una miscela di aggregati naturali, artificiali oppure riciclati (misto granulare), impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato secondo gli spessori indicati in progetto.

5.6.2 Formazione e stoccaggio dei lotti

Nell'ambito delle presenti Norme Tecniche, il termine lotto, riferibile sia ai materiali provenienti dalle demolizioni che a quelli naturali, indica la quantità di produzione, la quantità consegnata (anche parziale) o il cumulo prodotto in una sola volta ed in condizioni presumibilmente uniformi. In caso di produzione continua, il lotto è la quantità prodotta durante un periodo prestabilito.

I lotti devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri.

In particolare, l'area di stoccaggio degli aggregati riciclati qualora necessaria dovrà essere predisposta a cura e spese dell'Appaltatore con gli accorgimenti necessari alla messa in riserva del materiale demolito e dovrà rispondere alle prescrizioni di dettaglio indicate nel seguito (A.5, allegato A).

L'accumulo del materiale dovrà avvenire con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione.

5.6.3 Materiali

a) Aggregati

Gli aggregati e le loro miscele devono essere designati in conformità alle Norme UNI EN 13242, Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade, ed UNI EN 14227-1, Miscela legate con cemento per fondi e sottofondi stradali. Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato secondo la Norma UNI EN 932-1.

b) Requisiti fisico-meccanici

Gli aggregati sono gli elementi che formano il misto granulare di base da additivare con il legante idraulico (cemento) per la realizzazione del misto cementato. Vengono suddivisi in aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4 mm UNI EN) ed aggregati fini (passanti al setaccio da 4 mm UNI EN).

Per quanto concerne gli aggregati naturali, saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume, con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della Direzione Lavori potranno essere adottate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito: in questo caso la miscela finale dovrà presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 gg. prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0.063 mm. Riguardo gli aggregati riciclati, nei casi in cui se ne preveda l'uso occorrerà che risultino verificate, oltre ai requisiti dell'aggregato grosso e fino di seguito riportati, le prescrizioni inerenti la composizione ed il test di cessione come indicato in Allegato A.

AGGREGATO GROSSO

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella seguente.

Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari per la formazione di misti cementati

Parametro	Normativa	U.d.M.	Valori limite
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	31.5
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 35
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 35

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella Tabella seguente.

Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari per la formazione di misti cementati

Parametro	Normativa	U.d.M.	Valori limite
Valutazione dei fini Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	30-60
Valutazione dei fini (alternativo) Blu di metilene	UNI EN 933-9	g/kg	<2
Indice Plasticità	CNR UNI 10014 o UNI CEN ISO 10014	%	N.P.
Limite Liquido	CNR UNI 10014 o UNI CEN ISO 10014	%	≤ 25

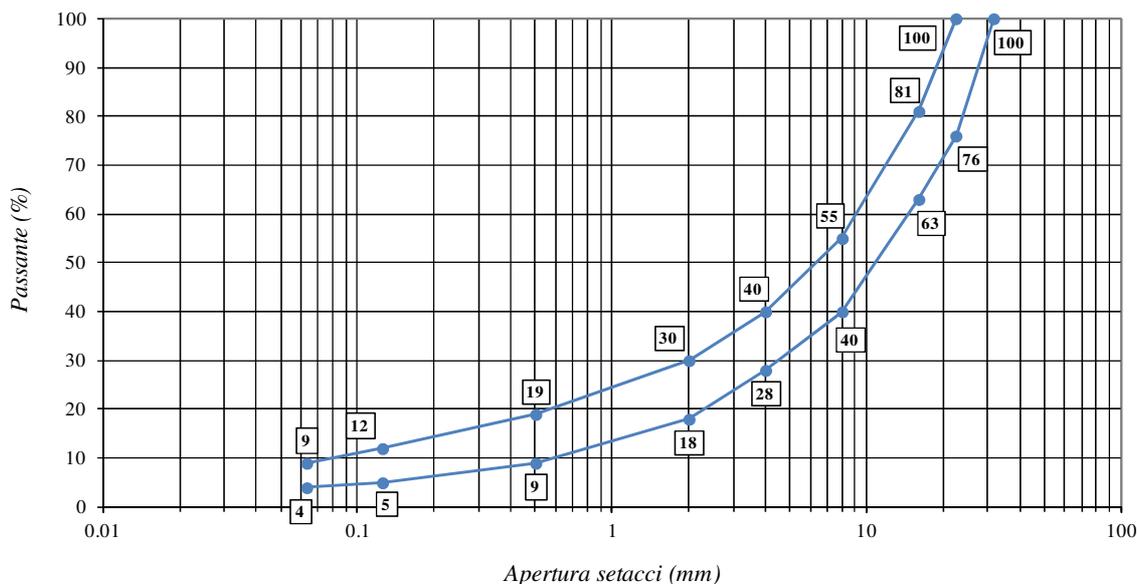
Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio specializzato.

ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO DELLA MISCELA

La composizione granulometrica della miscela di aggregati, determinata in conformità alle norme UNI EN 13242 ed UNI EN 14427-1 utilizzando i setacci appartenenti al "gruppo base più gruppo 2", dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente Tabella e presentare un andamento continuo ed uniforme.

Requisiti granulometrici della miscela di aggregati per misti cementati

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
31.5	100
22.4	76 – 100
16	63 – 81
8	40 – 55
4	28 – 40
2	18 – 30
0.5	9 – 19
0.125	5 – 12
0.063	4 - 9



c) Cemento

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

I cementi sono costituiti da materiali differenti e di composizione statisticamente omogenea derivanti dalla qualità assicurata durante i processi di produzione e di manipolazione dei materiali.

Potranno essere impiegate le seguenti tipologie principali, tra quelle riportate nella Norma UNI EN 197-1, Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni:

- CEM I Cemento (Portland);
- CEM III Cemento (d'altoforno);
- CEM IV Cemento (pozzolanico).

La classe di resistenza dovrà essere 32.5. Per la composizione del legante si rimanda a quanto previsto nel Prospetto 1 della suddetta Norma. E' richiesta inoltre la conformità alla Direttiva 89/106/CEE secondo quanto riportato nell'Allegato ZA della UNI EN 197-1 ed in base al sistema di attestazione stabilito dalle vigenti leggi.

A titolo indicativo il dosaggio del cemento deve essere compreso tra il 2.5% e il 3.5% sul peso degli inerti asciutti.

d) Acqua

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva e comunque conforme alla Norma UNI EN 1008.

La quantità di acqua nella miscela deve essere quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

5.6.4 Studio e caratteristiche della miscela

L'Appaltatore deve proporre alla Direzione Lavori la composizione granulometrica e le caratteristiche della miscela che intende adottare.

Il contenuto di cemento ed il contenuto d'acqua della miscela si intendono espressi come percentuale in massa rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare. Tali percentuali

saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, impiegando l'apparecchiatura "pressa giratoria" (UNI EN 12697-31) secondo le modalità indicate qui di seguito.

CONFEZIONAMENTO DEI PROVINI MEDIANTE PRESSA GIRATORIA

Ai fini della valutazione della resistenza meccanica si dovranno realizzare provini impiegando una pressa giratoria e rispettando i seguenti parametri:

Pressione verticale (kPa)	600 ± 3
Angolo di rotazione (°)	1.25 ± 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro del provino (mm)	150
Numero di giri	180
Altezza dei provini (mm) per prove di trazione indiretta	100-130
Altezza dei provini (mm) per prove di compressione semplice	160-200

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA

Dovranno essere soddisfatti i seguenti valori di soglia per la resistenza a trazione indiretta (Rt) e a compressione semplice (Rc):

Valori di soglia per prove di trazione indiretta e compressione semplice

Parametro	3 gg.	7 gg.
Rt (MPa)	0.30 – 0.50	0.32 – 0.60
Rc (MPa)	1.4 – 3.6	2.5 – 5.5
I provini saranno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura		

I provini saranno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura

STUDIO DI PROGETTO

I parametri di cui sopra costituiranno l'obiettivo di uno studio di progetto, con il quale saranno determinate le percentuali di cemento ed acqua di compattazione, nonché la distribuzione granulometrica, giudicate ottimali.

La miscela di studio sarà preparata a partire da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro con l'aggiunta di cemento ed acqua nelle dovute proporzioni.

Si dovranno realizzare provini con pressa giratoria così come descritto in precedenza, secondo il seguente schema indicativo:

Cemento (%)	2			3			4		
Acqua (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Numero di provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Le percentuali sono da intendersi espresse in peso sulla miscela degli aggregati. I sei provini per ciascun punto dello studio andranno maturati e rotti, nel numero di tre a compressione e tre a trazione indiretta, a 3 e a 7 gg.

CONFEZIONAMENTO DEI PROVINI CON METODO DI COMPATTAZIONE IMPULSIVO

In mancanza di pressa giratoria, o comunque a discrezione della Direzione Lavori, lo studio della miscela potrà essere effettuato attraverso la modalità di compattazione di tipo impulsivo come descritto dal CNR B.U. n. 29/72, sulla base del quale verranno anche specificati i valori di massa volumica del secco e di resistenza da utilizzare come riferimento nelle prove di controllo.

In questo caso, le percentuali di acqua e cemento saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite su provini cilindrici confezionati entro stampi CBR impiegati senza disco spaziatore (altezza 17.78 cm, diametro 15.24 cm, volume 3.242 cm³). Per il confezionamento dei provini gli stampi saranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il normale costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio. Tale eccedenza deve essere eliminata previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17.78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque, prima di immettere la miscela negli stampi, si opererà una vagliatura sul setaccio UNI EN 20 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

I campioni da confezionare in laboratorio devono essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua. Saranno confezionati almeno tre campioni ogni 250 m di lavorazione.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASTHO modificata e 85 colpi per strato, in modo da ottenere un'energia di costipamento pari a quella della prova citata.

I provini devono essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20 °C); in caso di confezionamento in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul setaccio UNI EN da 20 mm), potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per la variazione di percentuale di legante.

Le prescrizioni inerenti le caratteristiche di resistenza meccanica del misto cementato sono riportate nella Tabella che segue.

Requisiti meccanici dei misti cementati

Parametro	Normativa	Limiti
Resistenza a compressione R_c a 7 gg.	UNI EN 13286-41:2021	$3.0 \leq R_c \leq 5.0$ N/mm ²

	Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 41: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a compressione di miscele legate con leganti idraulici	
Resistenza a trazione indiretta R_t a 7 gg. (Prova Brasiliana) (*)	UNI EN 13286-42:2006 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 42: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a trazione indiretta di miscele legate con leganti idraulici	$R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$
(*) I provini per la prova di trazione indiretta sono dello stesso tipo di quelli confezionati per la prova di compressione (CNR B.U. n. 29/72)		

Questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo.

Da questi dati di laboratorio devono essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

5.7 Strato di sottobase in materiale fresato legato a bitume schiumato e cemento miscelato a freddo in impianto

5.7.1 Generalità

Per conglomerato bituminoso riciclato o "fresato" si intende il materiale proveniente dalla fresatura in sito, eseguita con idonee macchine operanti a freddo, delle pavimentazioni bituminose da demolire nell'ambito dei lavori in oggetto. La Direzione Lavori potrà autorizzare anche l'impiego di conglomerato bituminoso proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi ottenuti dalla demolizione con sistemi tradizionali, purché tale materiale dopo la frantumazione risponda ai medesimi requisiti prescritti per il conglomerato fresato a freddo.

Lo strato di sottobase in materiale fresato legato a bitume schiumato e cemento miscelato a freddo in impianto sarà realizzato mediante impianti fissi (intendendo con tale termine anche impianti di tipo trasportabile nel luogo di impiego), che consentono di omogeneizzare con predosatori e mescolatori il materiale fresato, con aggiunta di bitume schiumato, cemento, acqua e, se necessario, aggregati naturali.

La "schiuma di bitume" è prodotta dalle reazioni fisico-chimiche del bitume mediante la polverizzazione delle sue molecole con acqua in pressione. Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione mediante il contatto del legante a circa 175 °C con acqua ad alta pressione.

Ai fini dell'esame ed accettazione delle miscele da impiegarsi, si farà riferimento a quanto specificato nel successivo paragrafo.

5.7.2 Formazione e stoccaggio dei lotti

Nell'ambito del presente articolo il termine lotto indica la quantità di materiale granulare prodotto in una sola volta e in condizioni presumibilmente uniformi. In caso di produzione continua, il lotto è la quantità prodotta durante un periodo prestabilito.

I lotti devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri.

L'accumulo del materiale dovrà avvenire con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione.

5.7.3 Materiali

a) Aggregati

Gli aggregati e le loro miscele devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13043 - Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico. Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato secondo la Norma UNI EN 932-1.

Nella produzione della miscela di aggregato legato con bitume schiumato e cemento si prevede l'utilizzo di fresato opportunamente ridotto nelle classi granulometriche idonee all'utilizzo. Questo deve essere preventivamente qualificato in conformità alla Norma UNI EN13108-8, Miscele bituminose - Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero.

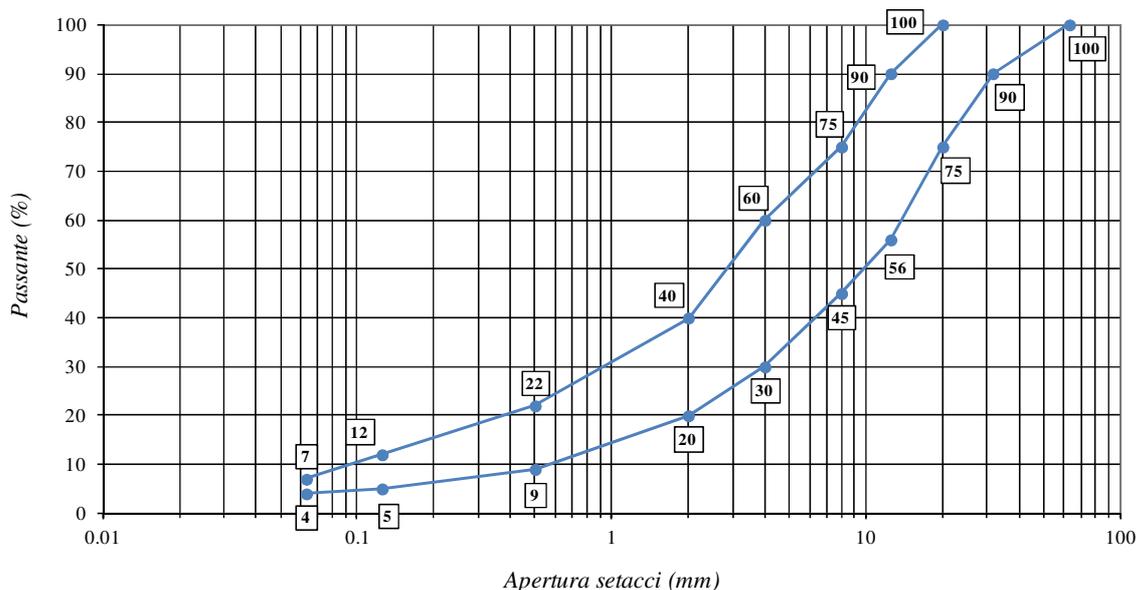
In funzione del raggiungimento delle portanze indicate nel seguito è consentita l'integrazione di inerti di adeguata pezzatura, in quantitativo non superiore al 30% in peso.

ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO DELLA MISCELA

La miscela di aggregati da impiegare deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nella Tabella seguente e caratterizzata da un andamento continuo.

Requisiti granulometrici della miscela di aggregati per strati legati a bitume schiumato e cemento

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
63	100
31,5	90 – 100
20	75 – 100
12,5	56 – 90
8	45 – 75
4	30 – 60
2	20 – 40
0,5	9 – 22
0,125	5 – 12
0,063	4 - 7



Il fresato può essere omogeneizzato granulometricamente mediante granulazione e/o vagliatura; qualora la curva granulometrica non rientrasse nel fuso si deve operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da ricondurla entro i limiti richiesti.

b) Bitume schiumato

Il bitume base da impiegare deve avere le caratteristiche riportate nella tabella seguente e prestazioni comunque tali da garantire al prodotto finito i parametri di seguito richiesti.

Bitume 80/100			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	Dmm	80-100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	40-44
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -8
Solubilità in Tricloroetilene, min.	UNI EN 12592	%	≥ 99
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10 \text{ s}^{-1}$	UNI EN 13072-2	Paxs	> 0,1
Valori dopo RTFOT (UNI EN 12607-1)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163 °C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426	%	≥ 50
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 9

Esso deve rispondere inoltre alle seguenti prescrizioni:

- rapporto di espansione: > 20

- tempo di semitrasformazione (tempo necessario per dimezzare l'espansione del bitume): > 25 sec.

Le caratteristiche di espansione ottimali del bitume devono essere determinate in un campo di temperature variabile tra 170 e 190 °C (prima dell'espansione) e con percentuali di acqua di schiumatura comprese tra 1% e 4% in peso del bitume.

c) Cemento

Nel processo di produzione del conglomerato riciclato con bitume schiumato dovrà essere utilizzato il cemento come filler attivo, in aggiunta alla parte granulare della miscela.

Questo dovrà essere di tipo I (Portland), di tipo III (d'alto forno) o di tipo IV (pozzolanico) e classe 32,5.

In ogni caso, la composizione del legante dovrà risultare conforme a quanto previsto nel Prospetto 1 della suddetta Norma. E' richiesta inoltre la conformità alla Direttiva 89/106/CEE secondo quanto riportato nell'Allegato ZA della UNI EN 197-1 ed in base al sistema di attestazione stabilito dalle vigenti leggi.

d) Acqua

Deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva e comunque conforme alla Norma UNI EN 1008.

La quantità di acqua nella miscela deve essere quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

5.7.4 Studio e caratteristiche della miscela

L'Impresa dovrà proporre alla Direzione Lavori la composizione granulometrica e le caratteristiche della miscela che intende adottare.

Per la determinazione delle percentuali (da riferirsi in peso sugli inerti) ottime di bitume schiumato, cemento ed acqua devono essere confezionati provini tramite pressa giratoria con le seguenti condizioni di prova:

Pressione verticale (kPa)	600 ± 3
Angolo di rotazione (°)	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro del provino (mm)	150
Numero di giri	180
Peso del campione (g) (*)	4.500

(*) comprensivo di bitume, cemento ed acqua

Per ogni periodo di maturazione (specificato di seguito) occorrerà confezionare le seguenti serie di provini:

Cemento %	1,5			2,0			2,5		
Bitume schiumato %	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Umidità %	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Provini n°	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ferme restando le percentuali di cemento, le altre quantità possono variare in funzione della natura e della granulometria da riciclare.

I provini così confezionati dovranno subire una maturazione a 40 °C per 72 h e successivamente essere testati, dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25 °C, mediante prove di resistenza a trazione indiretta, imponendo una velocità di avanzamento della pressa pari a 0,423 ± 0,05 mm/s.

Per l'individuazione delle caratteristiche ottimali la miscela deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Resistenza a trazione diametrale R_t a 72 ore di maturazione (N/mm²): > 0,35;
- Coefficiente di trazione indiretta CTI (UNI EN 12697-23) a 72 ore di maturazione (N/mm²): > 60.

Dall'ottimale ottenuto su campioni maturati per 72 ore a 40 °C si devono ricavare:

- la perdita di resistenza per imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio: la resistenza a trazione indiretta deve risultare almeno il 70% di quella ottimale,
- la densità geometrica di riferimento per il controllo in sito a 180 giri;
- il modulo di rigidezza secondo la Norma UNI-EN 12697-26, Allegato C: il valore ricavato alla temperatura di 20 °C non dovrà risultare inferiore a 1.500 MPa.

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati (intendendo con tale termine anche impianti di tipo trasportabile nel luogo di impiego), di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti devono comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

5.8 Strato di base in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato

5.8.1 Generalità

Lo strato di base in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato è costituito da una miscela di aggregati naturali (pietrisco, pietrischetto, graniglia e sabbia) e di additivo (filler), impastata a caldo con bitume modificato con polimeri e additivi, previo riscaldamento ed essiccazione degli aggregati, stesa in opera con macchina vibrofinitrice e rullata a fondo. Tutto l'aggregato grosso dovrà essere costituito da materiale frantumato.

5.8.2 Materiali

a) Aggregati

Gli aggregati costituiscono lo scheletro litico dei conglomerati bituminosi a caldo. Risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio UNI EN 4 mm), degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Le sabbie ed i pietrischi dovranno essere costituiti da elementi litici, sani, duri, tenaci, esenti da polvere e da altri materiali estranei e risultare provvisti di marcatura CE ad attestare la loro conformità alle prescrizioni contenute nella Norma armonizzata UNI EN 13043, Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico.

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato secondo la Norma UNI EN 932-1.

AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso sarà costituito da una miscela di pietrisco, pietrischetto e graniglie e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- forma poliedrica, non appiattita, allungata o lenticolare (in particolare si richiede un indice di appiattimento, determinato secondo UNI EN 933-3, non superiore a 15);
- passante al setaccio da 0,063 mm (UNI EN 933-1) < 1% in massa;
- perdita di peso alla prova di abrasione Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 25%;
- dopo la prova di rivestimento e spogliamento (UNI EN 12697-11), la superficie degli elementi litici rimasta rivestita dal film bituminoso dovrà essere superiore al 95%.

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino sarà costituito da sabbia naturale e/o di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- passante al setaccio da 0,063 mm (UNI EN 933-1) non superiore al 2%;
- equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) > 60%;
- indice di plasticità (CNR UNI 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12) pari a zero (materiale non plastico).

b) Additivo minerale (filler)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica dovranno soddisfare i requisiti di cui alla successiva Tabella.

Filler			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85-100
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70-100
Indice di Plasticità	CNR 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12	-	N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	30-45
Potere rigidificante Rapporto Filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	ΔPA	≥ 5

c) Bitume

Il legante dovrà essere un bitume di tipo modificato, rispondente alla Norma UNI EN 14023. Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri ed avente le caratteristiche indicate nella successiva Tabella. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne variano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche, prodotti in impianti controllati dotati di idonei dispositivi di miscelazione.

Il prelevamento dei campioni di bitume dovrà avvenire in conformità a quanto prescritto dalla Norma UNI EN 58.

Bitume modificato			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	70-90

Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -12
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Paxs	≥ 0,2
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	≥ 80
Valori dopo RTFOT (UNI EN 12607-1)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163 °C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426	%	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5

d) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, permettono di migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il tipo di prodotto impiegato ed il suo dosaggio dovrà essere esplicitamente riportato nello studio preliminare.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua indicate nell'ambito del presente progetto. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza e il dosaggio degli attivanti d'adesione potranno essere verificati mediante la prova cromatografica su strato sottile.

5.8.3 Studio e caratteristiche della miscela

L'Appaltatore sarà tenuto con congruo anticipo rispetto all'inizio della stesa, ad effettuare uno studio debitamente firmato da un tecnico professionalmente qualificato per la migliore composizione della miscela e a presentare all'approvazione della Direzione Lavori i risultati dello studio completo e il tipo di miscela di aggregati che intende adoperare.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

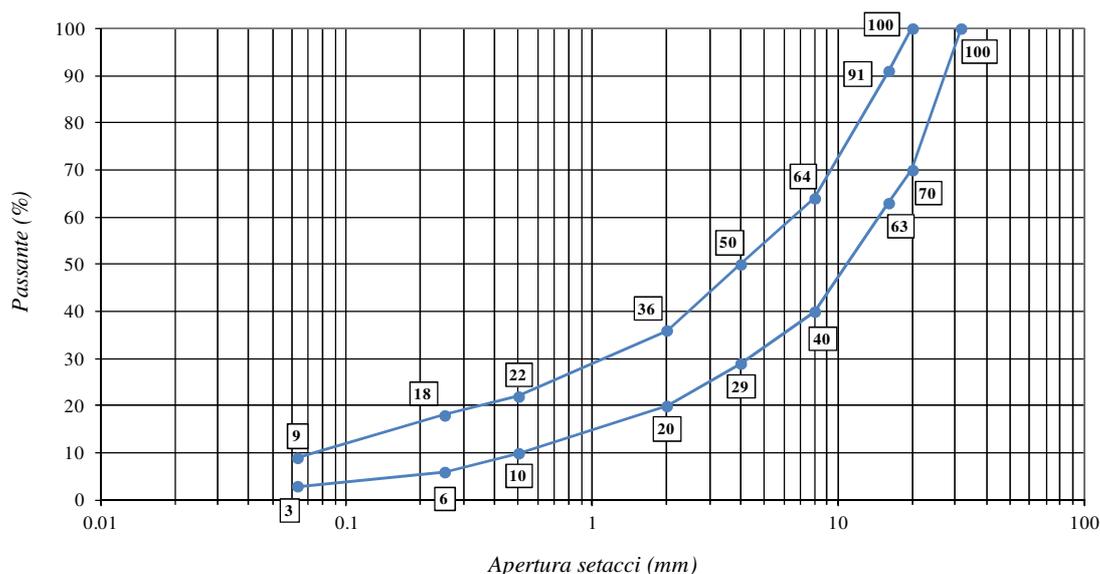
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in ± 3 punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0,063 mm contenuti in $\pm 1,5$ punti. Per la percentuale del bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,30$ punti.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di base dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle Norme UNI EN 933-1, UNI EN 12697-2 ed UNI EN 13108-1 utilizzando i setacci appartenenti al "gruppo base più gruppo 2", compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente Tabella.

*Requisiti granulometrici della miscela di aggregati per strati di base in conglomerato bituminoso
confezionato con legante modificato*

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
31,5	100
20	70 - 100
16	63 - 91
8	40 - 64
4	29 - 50
2	20 - 36
0,5	10 - 22
0,25	6 - 18
0,063	3 - 9



Per spessori dello strato finito inferiori a 10 cm dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

Il contenuto di bitume totale nell'impasto sarà indicativamente compreso fra il 4,0 ed il 5,0% riferito alla massa secca totale degli inerti.

In ogni caso la percentuale ottima di bitume nuovo di effettivo impiego dovrà essere determinata attraverso lo studio della miscela secondo il metodo volumetrico (con pressa giratoria, UNI EN 12697-31) o, in mancanza delle apparecchiature necessarie e comunque a discrezione della D.L., tramite il metodo Marshall (con compattatore ad impatto, UNI EN 12697-30). In entrambi i casi si opererà su provini confezionati con quantità crescente di bitume di 0,5% in 0,5% e per un intervallo compreso fra il 3 ed il 6% in massa.

La miscela così ottenuta dovrà rispondere ai seguenti requisiti di accettazione:

METODO VOLUMETRICO

Condizioni di prova	
Pressione verticale (kPa)	600 + 3
Angolo di rotazione (°)	1,25 + 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro del provino (mm)	150
Risultati richiesti	
Vuoti a 10 rotazioni (%) (*)	11 - 15
Vuoti a 120 rotazioni (%) (*)	3 - 6
Vuoti a 200 rotazioni (%) (*)	≥ 2
(*) determinati secondo la Norma UNI EN 12697-8	

Le miscele risultanti dallo studio mediante pressa giratoria (compattate a 200 rotazioni) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25 °C secondo la Norma UNI EN 12697-23, Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi. I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta) e devono rispondere ai requisiti di seguito riportati.

$$Rt \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0,95 - 1,70$$

$$CTI \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \geq 75$$

METODO MARSHALL

- la stabilità, determinata come prescritto dalla UNI EN 12697-34 su provini costipati con 75 colpi su ciascuna faccia, non dovrà essere inferiore a 9 kN;
- lo scorrimento dovrà risultare compreso fra 2 e 4 mm;
- la rigidezza (rapporto fra stabilità e scorrimento) dovrà risultare superiore a 3 kN/mm;
- la percentuale dei vuoti riempiti con bitume dovrà essere compresa fra 55% e 70% in volume;

- la densità (massa volumica) dei provini Marshall, dovrà essere la più elevata possibile compatibilmente con il contenuto di vuoti residui che dovrà essere compreso fra 4% e 7% in volume (secondo la UNI EN 12697-8).

L'impasto bituminoso dovrà inoltre presentare una sufficiente insensibilità al contatto prolungato con l'acqua. A tal fine valgono le prescrizioni contenute nella Norma UNI EN 12697-12, Determinazione della sensibilità all'acqua dei provini bituminosi, che consiste nel confrontare il valore di resistenza a trazione indiretta tra due serie di provini, una stagionata a temperatura ambiente, l'altra collocata per un periodo compreso tra le 68 e le 72 ore in un bagno d'acqua alla temperatura costante di 40 °C. Il rapporto ITSR (Indirect Tensile Strength Ratio) determinato secondo la Norma suddetta dovrà essere superiore al 75%.

5.9 Strato di binder in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato

5.9.1 Generalità

Lo strato di binder in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato è costituito da una miscela di aggregati naturali (pietrisco, pietrischetto, graniglia e sabbia) e additivo (filler), impastata con bitume modificato con polimeri e additivi; previo riscaldamento ed essiccazione degli aggregati, stesa in opera con macchina vibrofinitrice e rullata a fondo. Tutto l'aggregato grosso dovrà essere costituito da materiale frantumato e di origine naturale.

5.9.2 Materiali

a) Aggregati

Gli aggregati costituiscono lo scheletro litico dei conglomerati bituminosi a caldo. Risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio UNI EN 4mm), degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

I pietrischetti, le graniglie e le sabbie dovranno essere costituiti da elementi litici sani, duri, tenaci, esenti da polvere e da altri materiali estranei e risultare provvisti di marcatura CE ad attestare la loro conformità alle prescrizioni contenute nella Norma armonizzata UNI EN 13043, "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico".

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato secondo la Norma UNI EN 932-1.

AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso sarà costituito da una miscela di pietrischetti e graniglie che dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- provenienza da frantumazione di rocce di origine ignea (UNI EN 932-3);
- forma poliedrica a spigoli vivi, comunque non appiattita, allungata o lenticolare (in particolare si richiede un indice di appiattimento, determinato secondo la UNI EN 933-3, non superiore a 15);
- passante al setaccio da 0.063 mm (UNI EN 933-1) < 1%;
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 1097-6) non superiore a 0.8%, questo valore potrà essere elevato fino a max 1.5% purché, nel dosaggio del legante, si tenga conto della maggior capacità di assorbimento dell'aggregato;

- perdita di peso alla prova di abrasione Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 25%;
- dopo la prova di rivestimento e spogliamento (UNI EN 12697-11), la superficie degli elementi litici rimasta rivestita dal film bituminoso dovrà essere superiore al 95%.

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino sarà costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione, dure, vive, aspre al tatto, pulite ed esenti da polveri e da altri materiali estranei, e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- passante al setaccio da 0.063 mm (UNI EN 933-1) non superiore al 2%;
- equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) > 60%;
- indice di plasticità (CNR UNI 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12) pari a zero (materiale non plastico).

b) Additivo minerale (Filler)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica dovranno soddisfare i requisiti di cui alla Tabella successiva.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante al setaccio 0.125 mm	UNI EN 933-10	%	85-100
Passante al setaccio 0.063 mm	UNI EN 933-10	%	70-100
Indice di Plasticità	CNR 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12	-	N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	30-45
Potere rigidificante Rapporto Filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	ΔPA	≥ 5

c) Bitume

Il legante dovrà essere un bitume di tipo modificato, rispondente alla Norma UNI EN 14023, "Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri" ed avente le caratteristiche indicate nella successiva Tabella. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne variano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche, prodotti in impianti controllati dotati di idonei dispositivi di miscelazione.

Il prelevamento dei campioni di bitume dovrà avvenire in conformità a quanto prescritto dalla Norma UNI EN 58.

Bitume modificato			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	70-90
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -12
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Paxs	≥ 0.2
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	≥ 80
Valori dopo RTFOT (UNI EN 12607-1)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163 °C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.8
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426	%	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5

d) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, permettono di migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose. Il tipo di prodotto impiegato ed il suo dosaggio di additivo dovrà essere esplicitamente riportato nello studio preliminare.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua indicate nel presente progetto. In ogni caso, l'attivante d'adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

5.9.3 Studio e caratteristiche della miscela

L'Appaltatore sarà tenuto, con congruo anticipo rispetto all'inizio della stesa, ad effettuare uno studio per la migliore composizione della miscela e a presentare all'approvazione della Direzione Lavori, i risultati dello studio completo ed il tipo di miscela che intende adoperare.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Appaltatore deve attenersi rigorosamente.

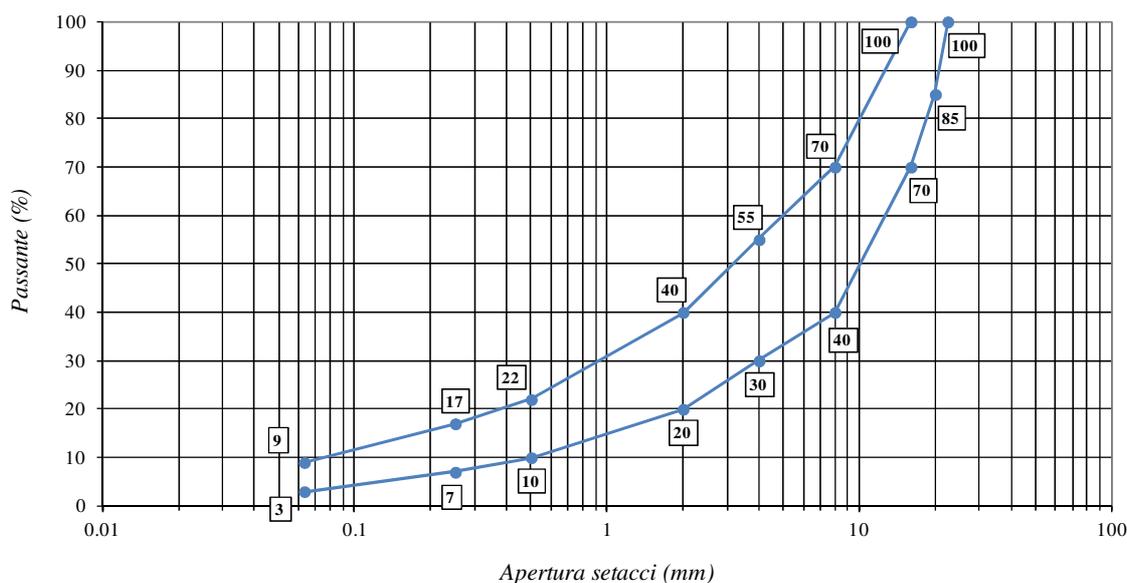
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 3 punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in ± 3 punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0.063 mm contenuti in ± 1.5 punti. Per la percentuale del bitume è tollerato uno scostamento di ± 0.3 punti.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di binder dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle Norme UNI EN 933-1, UNI EN 12697-2 ed UNI EN 13108-1 utilizzando i setacci appartenenti al "gruppo base più gruppo 2", compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente Tabella.

Requisiti granulometrici della miscela di aggregati per strati di binder in conglomerato bituminoso confezionato con legante modificato

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
22.4	100
20	85 - 100
16	70 - 100
8	40 - 70
4	30 - 55
2	20 - 40
0.5	10 - 22
0.25	7 - 17
0.063	3 - 9



Per spessori prossimi alla soglia minima ammissibile per lo strato di binder (4 cm), dovranno essere adottate composizioni granulometriche tendenti alla curva limite superiore. Tale composizione dovrà essere realizzata con almeno tre classi di aggregati.

Il contenuto di bitume nell'impasto dovrà essere compreso fra il 4.5% e il 5.5% riferito alla massa secca degli inerti. In ogni caso la percentuale ottima di bitume dovrà essere determinata attraverso lo studio della miscela secondo il metodo volumetrico (con pressa giratoria, UNI EN 12697-31) o, in mancanza delle apparecchiature necessarie e comunque a discrezione della Direzione Lavori, tramite il metodo Marshall (con compattatore ad impatto, UNI EN 12697-30). In entrambi i casi si

opererà su provini confezionati con quantità crescente di bitume di 0.5 in 0.5% per un intervallo compreso fra il 4 e il 6% in massa.

La miscela così ottenuta dovrà rispondere, mediante pressa giratoria, ai seguenti requisiti di accettazione.

METODO VOLUMETRICO

Condizioni di prova – Metodo volumetrico	
Pressione verticale (kPa)	600 ± 3
Angolo di rotazione (°)	1.25 ± 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro del provino (mm)	100
Risultati richiesti	
Vuoti a 10 rotazioni (%) (*)	11 - 15
Vuoti a 120 rotazioni (%) (*)	3 - 6
Vuoti a 200 rotazioni (%) (*)	≥ 2
(*) determinati secondo la Norma UNI EN 12697-8	

Le miscele risultanti dallo studio mediante pressa giratoria (compattate a 200 rotazioni) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C secondo la Norma UNI EN 12697-23, "Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi". I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta) e devono rispondere ai requisiti di seguito riportati.

$$Rt \text{ (N/mm}^2\text{)} \geq 0.95$$

$$CTI \text{ (N/mm}^2\text{)} \geq 75$$

METODO MARSHALL

- la stabilità, determinata come prescritto dalla UNI EN 12697-34 su provini costipati con 75 colpi su ciascuna faccia, non dovrà essere inferiore a 9 kN;
- lo scorrimento dovrà risultare compreso fra 2 e 4 mm;
- la rigidità (rapporto fra stabilità e scorrimento) dovrà risultare superiore a 3 kN/mm;
- la percentuale dei vuoti riempiti con bitume dovrà essere compresa fra 55% e 70% in volume;
- la densità (massa volumica) dei provini Marshall, dovrà essere la più elevata possibile compatibilmente con il contenuto di vuoti residui che dovrà essere compreso fra 4% e 7% in volume (secondo la UNI EN 12697-8).

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 180° C e quella del legante tra 160° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 150° C.

L'impasto bituminoso dovrà inoltre presentare una sufficiente insensibilità al contatto prolungato con l'acqua. A tal fine valgono le prescrizioni contenute nella Norma UNI EN 12697-12 "Determinazione della sensibilità all'acqua dei provini bituminosi", che consiste nel confrontare il valore di resistenza a trazione indiretta tra le due serie di provini, una stagionata a temperatura ambiente, l'altra collocata per un periodo compreso tra le 68 e le 72 ore in un bagno d'acqua alla temperatura costante di 40°C. Il rapporto ITSR (Indirect Tensile Strength Ratio) determinato secondo la Norma suddetta dovrà essere superiore al 75%.

5.10 Strato di usura in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato

5.10.1 Generalità

Lo strato di usura in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato è costituito da una miscela di aggregati naturali (pietrisco, pietrischetto, graniglia e sabbia) e di additivo (filler), impastata con bitume modificato con polimeri e additivi, previo riscaldamento ed essiccazione degli aggregati, stesa in opera con macchina vibrofinitrice e rullata a fondo. Tutto l'aggregato grosso dovrà essere costituito da materiale frantumato.

5.10.2 Materiali

a) Aggregati

Gli aggregati costituiscono lo scheletro litico dei conglomerati bituminosi a caldo. Risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio UNI EN 4 mm), degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

I pietrischetti, le graniglie e le sabbie dovranno essere costituiti da elementi litici sani, duri, tenaci, esenti da polvere e da altri materiali estranei e risultare provvisti di marcatura CE ad attestare la loro conformità alle prescrizioni contenute nella Norma armonizzata UNI EN 13043, Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico.

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato secondo la Norma UNI EN 932-1.

AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso sarà costituito da una miscela di pietrischetti e graniglie che dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- provenienza da frantumazione di rocce di origine ignea (UNI EN 932-3);
- forma poliedrica a spigoli vivi, comunque non appiattita, allungata o lenticolare (in particolare si richiede un indice di appiattimento, determinato secondo la UNI EN 933-3, non superiore a 15);
- passante al setaccio da 0,063 mm (UNI EN 933-1) < 1%;
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 1097-6) non superiore a 0,8%; questo valore potrà essere elevato fino a max 1,5% purché nel dosaggio del legante si tenga conto della maggiore capacità di assorbimento del bitume dell'aggregato;

- perdita in peso alla prova di abrasione Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 20%;
- la resistenza alla levigazione PSVmix* (UNI EN 1097-8) deve risultare non inferiore a 44 (PSV44);
- dopo la prova di rivestimento e spogliamento (UNI EN 12697-11), la superficie degli elementi litici rimasta rivestita dal film bituminoso dovrà essere superiore al 95%.

*Valore di levigabilità dovuto alla miscela di aggregati (PSVmix)

Il PSVmix è un indice che si calcola per le miscele di aggregati da impiegare per gli strati superficiali, esclusivamente sugli aggregati che presentano trattenuto al setaccio 2mm.

Il PSVmix considera i valori del PSV delle singole pezzature con le relative masse volumiche apparenti (MVA), così da valutare un parametro "pesato" in base al contributo "volumetrico" dei vari aggregati presenti.

Qualora non sia possibile disporre di aggregati tutti caratterizzati da $PSV \geq 44$ (PSV44), si potranno adottare miscele con aggregati di natura petrografica diversa (miste), alcune con PSV comunque ≥ 40 (PSV40), escluse le sabbie, ed altre con $PSV \geq 44$, (PSV44) combinati tra loro in modo da ottenere un PSVmix calcolato ≥ 44 .

A partire dalle percentuali in peso di impiego (% inerte 1, % inerte 2, ecc.):

- si misurano le masse volumiche apparenti MVA (MVA1, MVA2, ecc.) di tutte le pezzature che presentano trattenuto al 2mm;
- per ogni pezzatura si escludono le percentuali di impiego passanti al setaccio UNI EN 2 mm, si sommano le percentuali di trattenuto uguali o superiori al 2mm si moltiplica il risultato per la percentuale di impiego prevista;
- si riporta la somma a 100 per avere le nuove percentuali di impiego "trattenute al setaccio UNI EN 2 mm";
- le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche (VOLi) utilizzando le MVA e riportate anch'esse a 100%.

Il PSVmix si calcola sommando il prodotto della percentuale volumetrica di ogni pezzatura utilizzata per il relativo valore di PSV diviso per 100:

$$PSV \text{ mixx} = \sum i(PSVi \cdot VOLi)/100$$

AGGREGATO FINO

- Bitume
- passante al setaccio da 0,063 mm (UNI EN 933-1) non superiore al 2%;
- equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) > 70%;
- indice di plasticità (CNR UNI 10014) pari a zero (materiale non plastico).

b) Additivo minerale (Filler)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica dovranno soddisfare i requisiti di cui alla successiva Tabella.

Filler			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Passante al setaccio 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante al setaccio 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85-100
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70-100
Indice di Plasticità	CNR 10014 o UNI CEN ISO-TS 17892-12	-	N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	30-45
Potere rigidificante Rapporto Filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	ΔPA	≥ 5

c) Bitume

Il legante dovrà essere un bitume di tipo modificato, rispondente alla Norma UNI EN 14023, Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri ed avente le caratteristiche indicate nella successiva Tabella. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne variano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche, prodotti in impianti controllati dotati di idonei dispositivi di miscelazione.

Il prelevamento dei campioni di bitume dovrà avvenire in conformità a quanto prescritto dalla Norma UNI EN 58.

Bitume modificato			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	70-90
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -12
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Paxs	≥ 0,2
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	≥ 80
Valori dopo RTFOT (UNI EN 12607-1)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163 °C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426	%	≥ 60

Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5
---------------------------------------	-------------	----	-----

d) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume modificato, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, permettono di migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il tipo di prodotto impiegato ed il suo dosaggio dovrà essere esplicitamente riportato nello studio preliminare.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua indicate nel presente progetto. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza e il dosaggio degli attivanti d'adesione potranno essere verificati mediante la prova cromatografica su strato sottile.

5.10.3 Studio e caratteristiche della miscela

L'Appaltatore sarà tenuto con congruo anticipo rispetto all'inizio della stesa ad effettuare uno studio per la migliore composizione della miscela e a presentare all'approvazione della Direzione Lavori i risultati dello studio completo ed il tipo di miscela che intende adoperare.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

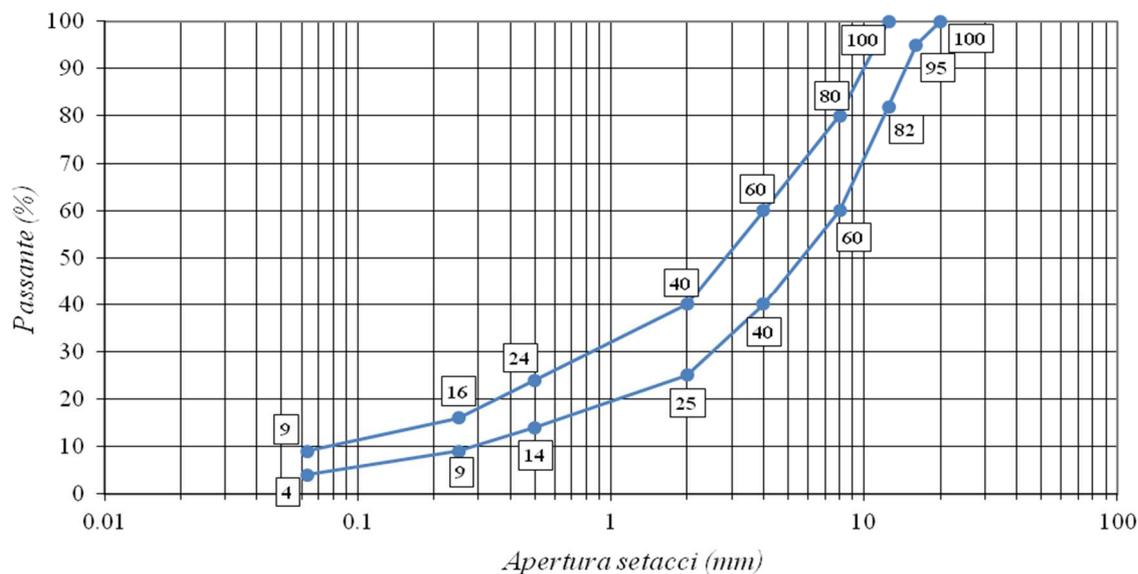
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 3 punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in ± 3 punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0,063 mm contenuti in $\pm 1,5$ punti. Per la percentuale del bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,3$ punti.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

La miscela ottimale degli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato bituminoso per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alle Norme UNI EN 933-1, UNI EN 12697-2 ed UNI EN 13108-1 utilizzando i setacci appartenenti al "gruppo base più gruppo 2", compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente Tabella.

Requisiti granulometrici della miscela di aggregati per strati di usura in conglomerato bituminoso confezionato con legante modificato

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
20	100
16	95 - 100
12,5	82 - 100
8	60 - 80
4	40 - 60
2	25 - 40
0,5	14 - 24
0,25	9 - 16
0,063	4 - 9



Tale composizione dovrà essere realizzata con non meno di 4 distinte pezzature di aggregati: potrà essere richiesto l'impiego di due o più qualità di sabbia ove non sia possibile reperire un'unica qualità di sabbia di composizione idonea senza che ciò possa dar luogo a richiesta di compenso addizionale.

Il contenuto di bitume nell'impasto dovrà essere compreso fra il 5 ed il 7% riferito alla massa secca totale degli inerti.

In ogni caso la percentuale ottima di bitume dovrà essere determinata attraverso lo studio della miscela secondo il metodo volumetrico (con pressa giratoria, UNI EN 12697-31) o, in mancanza delle apparecchiature necessarie e comunque a discrezione della D.L., tramite il metodo Marshall (con compattatore ad impatto, UNI EN 12697-30). In entrambi i casi si opererà su provini confezionati con quantità crescente di bitume di 0,5 in 0,5% per un intervallo 4,5 - 7,5% in massa.

La miscela così ottenuta dovrà rispondere ai seguenti requisiti di accettazione:

METODO VOLUMETRICO

Condizioni di prova	
Pressione verticale (kPa)	600 + 3
Angolo di rotazione (°)	1,25 + 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro del provino (mm)	100
Risultati richiesti	
Vuoti a 10 rotazioni (%) (*)	11 - 15
Vuoti a 140 rotazioni (%) (*)	3 - 6
Vuoti a 230 rotazioni (%) (*)	≥ 2
(*) determinati secondo la Norma UNI EN 12697-8	

Le miscele risultanti dallo studio mediante pressa giratoria (compattate a 230 rotazioni) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25 °C secondo la Norma UNI EN 12697-23, Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi. I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta) e devono rispondere ai requisiti di seguito riportati.

$$Rt \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad 0,95 - 1,70$$

$$CTI \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \geq 75$$

METODO MARSHALL

- la stabilità, determinata come prescritto dalla UNI EN 12697-34 su provini costipati con 75 colpi su ciascuna faccia, non dovrà essere inferiore a 14 kN;
- lo scorrimento dovrà risultare compreso fra 2 e 4 mm;
- la rigidità (rapporto fra stabilità e scorrimento) dovrà risultare non inferiore a 4 kN/mm;
- la resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) non dovrà essere minore di 1,1 N/mm²;
- la percentuale dei vuoti riempiti con bitume dovrà essere compresa fra 72% e 82% in volume;
- la densità (massa volumica) dei provini Marshall dovrà essere la più elevata possibile compatibilmente con il contenuto di vuoti residui che dovrà essere compreso fra 3% e 6% in volume (UNI EN 12697-8).

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 180° C e quella del legante tra 160° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 150° C.

L'impasto bituminoso dovrà inoltre presentare una sufficiente insensibilità al contatto prolungato con l'acqua. A tal fine valgono le prescrizioni contenute nella Norma UNI EN 12697-12, Determinazione della sensibilità all'acqua dei provini bituminosi, che consiste nel confrontare il valore di resistenza a trazione indiretta tra due serie di provini, una stagionata a temperatura ambiente, l'altra collocata per un periodo compreso tra le 68 e le 72 ore in un bagno d'acqua alla temperatura costante di 40 °C. Il rapporto ITSR (Indirect Tensile Strength Ratio) determinato secondo la Norma suddetta dovrà essere superiore al 75%.

5.11 Calcestruzzo magro

5.11.1 Generalità

Il calcestruzzo magro è composto da una miscela continua di aggregati, acqua e cemento. A differenza del calcestruzzo comunemente inteso possiede caratteristiche meccaniche inferiori dovute essenzialmente ad un minor contenuto percentuale di legante idraulico.

5.11.2 Materiali

a) Aggregati

Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4mm (UNI 2332)) e degli aggregati fini. Gli aggregati devono possedere le caratteristiche fondamentali indicate nel prospetto 1 della Norma UNI 8520-2 per la categoria C.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione del rischio da vizio occulto di reazione alcali-aggregato a fronte del quale, fatto salvo l'esito positivo delle prove previste dalla Norma UNI 8520 (parti 4 e 22), si dovranno adottare ulteriori misure preventive quali ad esempio:

- la scelta di cementi a basso contenuto di alcali (UNI EN 196/21);
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte.

Durante la lavorazione la Direzione Lavori verificherà la continuità della corrispondenza delle caratteristiche del materiale ai valori ottenuti nella fase di qualifica. Qualora si verificassero discrepanze significative, la Direzione Lavori potrà rifiutare il materiale lapideo.

AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso, trattenuto al setaccio UNI 4 mm, dovrà essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella seguente Tabella.

Requisito	Normativa	Unità di misura	Prescrizioni
Dimensione massima	UNI EN 933-1	mm	25
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	%	≤ 30

Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 20
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 20
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 30

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino, passante al setaccio UNI 4 mm, dovrà essere costituito da elementi naturali o di frantumazione, che soddisfano le caratteristiche riassunte nella seguente Tabella.

Requisito	Normativa	Unità di misura	Prescrizioni
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	%	30 ÷ 60
Limite liquido	UNI CEN ISO 17892-12	%	≤ 25
Indice di plasticità	UNI CEN ISO 17892-12	%	N.P.
Passante al setaccio UNI 0.063 mm	UNI EN 933-10	%	≤ 1

b) Cemento

Si farà uso di cementi classificati secondo la Norma Armonizzata UNI EN 197-1 come tipo I (Portland), tipo II (Portland al calcare A/L), tipo III (d'Altoforno), tipo IV (Pozzolatico) indicativamente di classe 32.5 o 32.5R. In base a quanto disposto dalla suddetta Norma, tali cementi dovranno essere provvisti di marcatura CE. Dovranno inoltre garantire un tempo d'inizio presa, determinato in accordo con la UNI EN 196-3 alla temperatura di riferimento di 30°C, non inferiore alle due ore ed avere una finezza, determinata secondo la UNI EN 196-6 mediante permeabilmetro ad aria (Blaine), inferiore a 4200 cmq/g.

Qualora si utilizzi cemento dei tipi I o II questo dovrà avere un tenore in alluminato tricalcico (C3A) al massimo uguale all'8%. La cementeria dovrà garantire la composizione, qualunque sia il tipo di cemento fornito, con riferimento alla Norma UNI 9156.

Lo stabilimento di produzione del legante dovrà garantire, per mezzo di idonei dispositivi o cicli di lavorazione, che il cemento impiegato al momento del confezionamento del calcestruzzo non presenti temperature superiori ai 50°C.

I cementi impiegati potranno essere oggetto di verifica da parte della Direzione Lavori tramite il laboratorio di fiducia al momento del loro approvvigionamento.

c) Acqua

L'acqua d'impasto deve rispettare le prescrizioni contenute nella Norma UNI EN 1008 "Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo".

5.11.3 Studio e caratteristiche della miscela

Le miscele di aggregati fini e grossi, mescolati in percentuale adeguata, dovrà dare luogo ad una composizione granulometrica costante e continua, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, ecc.), che nell'impasto indurito (resistenza, ritiro, durabilità, ecc.). La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo con il minimo dosaggio di cemento, compatibilmente con gli altri requisiti.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del bleeding (essudazione) nel calcestruzzo.

Il calcestruzzo è specificato dal progettista come miscela progettata, con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita). La resistenza meccanica del calcestruzzo dovrà soddisfare le prescrizioni di progetto riguardanti la resistenza a compressione:

- resistenza minima: classe C8/10.

La classe di resistenza a compressione del calcestruzzo è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150 mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm (f_{ck}).

La lavorabilità degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco per cui sarà impiegato il metodo dell'abbassamento al cono (slump test) secondo le modalità di cui alla UNI EN 12350-2. Il valore ottimale della consistenza da mantenere durante la produzione del calcestruzzo è di tipo S5. Nel caso di stesa manuale, il calcestruzzo dovrà comunque avere un abbassamento al cono di riferimento di 230mm \pm 30mm.

Il rapporto acqua-cemento (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire il raggiungimento della resistenza meccanica e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele sia allo stato fresco che indurito. In ogni caso il rapporto a/c non dovrà superare il valore di 0.55.

5.12 Lastre in conglomerato cementizio

5.12.1 Generalità

Il calcestruzzo da impiegare per la realizzazione delle lastre sarà costituito da una miscela di aggregati naturali impastata con cemento, acqua e additivi in impianto centralizzato, da stendersi in un unico strato secondo gli spessori indicati in progetto.

5.12.2 Materiali

I materiali da impiegare nella confezione del calcestruzzo per la formazione delle lastre dovranno corrispondere a quanto di seguito specificato.

a) Aggregati

Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone all'uso a cui sono destinati. Essi risultano composti dalle classi di aggregato grosso (la cui dimensione superiore o massima D è maggiore o uguale a 4 mm e la cui dimensione inferiore d è maggiore o uguale a 2 mm - Norma UNI EN 12620) e fino (la cui dimensione massima D è minore di 4 mm - Norma UNI EN 12620).

Per quanto concerne i requisiti generali di granulometria, si rimanda al Prospetto 2 della Norma UNI EN 12620, con riferimento alle percentuali di passante ricavate secondo la procedura descritta nella Norma UNI EN 933-1.

La dimensione massima dell'aggregato non deve essere superiore a $\frac{1}{4}$ dello spessore della lastra in calcestruzzo.

Negli aggregati non dovranno essere presenti sostanze dannose, quali minerali nocivi e finissimi in grado di velocizzare il degrado del calcestruzzo. I contenuti di solfati, cloruri solubili e sostanze organiche devono essere verificati secondo la Norma UNI EN 1744-1. L'aggregato dovrà perciò essere conforme ai contenuti ammissibili dei minerali nocivi, del contenuto di polveri e dei costituenti chimici definiti nella Norma UNI 8520-2 ai Prospetti 1, 3 e 5 e di seguito riportati. Si richiede inoltre la verifica della potenziale reattività agli alcali per la valutazione di eventuali fenomeni espansivi, come illustrato al Prospetto 6 della stessa Norma.

La massa volumica media del granulo, determinata secondo la Norma UNI EN 1097-6, dovrà risultare > 2300 kg/mc, in accordo con quanto contenuto nella Norma UNI 8520-2.

UNI 8520-2, Prospetto 1 - Contenuti ammissibili di minerali nocivi

Minerali nocivi	Condizioni	Idoneità	Metodo di prova
-----------------	------------	----------	-----------------

Gesso, anidrite	Contenuto di solfati solubili in acido ≤ 0.2	Senza restrizioni	UNI EN 932-3 UNI EN 1744-1 p.to 12
	Contenuto di solfati solubili in acido ≤ 0.8	Accettabile solo nelle frazioni fini	
Solfuri ossidabili	Contenuto totale di zolfo $\leq 0.1\%$	Senza restrizioni	UNI EN 932-3 UNI EN 1744-1 p.to 11
Minerali potenzialmente reattivi agli alcali	Determinare la potenziale reattività in presenza di alcali	Senza restrizioni se soddisfano i requisiti al prospetto 6. Diversamente riferirsi alla UNI 8981-8	UNI EN 932-3 UNI 8520-22

Requisiti UNI 8520-2, Prospetto 3 - Limiti ammissibili per il contenuto in polveri

Tipo di aggregato		Limite
Aggregato grosso	Non frantumato	≤ 1.5
	Frantumato da depositi alluvionali	≤ 1.5
	Frantumato da roccia	≤ 4
Aggregato fine	Non frantumato	≤ 3
	Frantumato da depositi alluvionali	≤ 10
	Frantumato da roccia	≤ 16
Aggregato naturale	-	≤ 3
Aggregato in frazione unica 0/D	Non frantumato	≤ 3
	Frantumato da depositi alluvionali	≤ 3
	Frantumato da roccia	≤ 11

UNI 8520-2, Prospetto 5 - Limiti ammissibili per i costituenti chimici

Caratteristica	Limite ammissibile	Metodo di prova
Contenuto di solfati solubili in acido	Per $\leq 0.2\%$: nessuna limitazione Per $\leq 0.8\%$: accettabile solo per gli aggregati fini	UNI EN 1744-1 p.to 12
Contenuto di zolfo totale	$\leq 1\%$ per gli aggregati naturali $\leq 2\%$ per loppe d'altoforno $\leq 0.1\%$ in presenza di solfuri ossidabili	UNI EN 1744-1 p.to 11
Contenuto di cloruri solubili in acqua	$\leq 0.40\%$ (contenuto massimo di Cl- rispetto alla massa del cemento)	UNI EN 1744-1 p.to 7
Costituenti che alterano la presa e l'indurimento del cls	Riferirsi ai requisiti della UNI EN 12620, p.to 6.4.1	UNI EN 1744-1 p.ti 15.1, 15.2, 15.3
Contenuto di contaminanti leggeri	Per aggregati fini: $\leq 0.25\%$	UNI EN 1744-1 p.to 14.2.2
	Per aggregati grossi: $\leq 0.05\%$	

UNI 8520-2, Prospetto 6 - Limiti ammissibili per la reattività agli alcali

Caratteristica	Limite ammissibile	Metodo di prova
Potenziale reattività agli alcali	Espansione dei provini di malta	UNI 8520-22
	Prova accelerata $\leq 0.10\%$ (se $> 0.10\%$ è necessaria la verifica a lungo termine)	
	Prova a lungo termine $\leq 0.05\%$ a 3 mesi $\leq 0.10\%$ a 6 mesi	

AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso dovrà essere composto da inerti naturali costituiti da elementi non gelivi, non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, solfati ed altre sostanze nocive alla presa del cemento.

La percentuale di elementi piatti o allungati (definiti da un rapporto tra dimensione massima e dimensione minima superiore a 3) non dovrà essere superiore al 10%. Il coefficiente di abrasione Los Angeles (UNI EN 1097-2) dovrà risultare $\leq 30\%$.

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino dovrà essere costituito da particelle dure, pulite, aspre al tatto, di forma prevalentemente cubica o sferica e presentare un equivalente in sabbia maggiore o uguale a 80, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8 sul passante al setaccio UNI EN 4 mm.

FILLER

I filler utilizzati per migliorare le caratteristiche del calcestruzzo devono rispondere alle caratteristiche e ai limiti ammissibili contenuti nella Norma UNI 8520-2.

Caratteristica	Limiti ammissibili	Metodo di prova
Granulometria	Devono essere rispettati i requisiti della UNI EN 12620, prospetto 7	UNI EN 933-10
Massa volumica dei granuli	Massa volumica dopo essiccazione in stufa >2000 kg/mc	UNI EN 1097-6
Contenuto di cloruri solubili in acqua	≤0.03%	UNI EN 1744-1, p.to 7
Contenuto di solfati solubili in acido	≤0.8%	UNI EN 1744-1, p.to 12
Contenuto di zolfo totale	≤1.0%	UNI EN 1744-1, p.to 11
Qualità dei fini (pulizia)	Valore del blu di metilene ≤12 g/kg	UNI EN 933-9
Costituenti che alterano la presa e l'indurimento del calcestruzzo	Devono essere soddisfatti i requisiti della Norma UNI EN 12620, p.to 6.4.1	UNI EN 1744-1, p.ti 15.1, 15.2, 15.3

b) Cemento

Si farà uso di cementi classificati secondo la Norma Armonizzata UNI EN 197-1 come tipo I (Portland), tipo II (Portland al calcare-A/L), tipo III (Alto forno), tipo IV (Pozzolanic) indicativamente di classe 32.5 o 42.5. In base a quanto disposto dalla suddetta Norma, tali cementi dovranno essere provvisti di marcatura CE. Dovranno inoltre garantire un tempo d'inizio presa, determinato in accordo con la UNI EN 196-3 alla temperatura di riferimento di 30 °C, non inferiore alle due ore ed avere una finezza, determinata secondo la UNI EN 196-6 mediante permeabilmetro ad aria (Blaine), inferiore a 4200 cmq/g.

Qualora si usi cemento dei tipi I o II questo dovrà avere un tenore in alluminato tricalcico (C3A) al massimo uguale all'8%. La cementeria dovrà garantire la composizione, qualunque sia il tipo di cemento fornito, con riferimento alla Norma UNI 9156.

Lo stabilimento di produzione del legante dovrà garantire, per mezzo di idonei dispositivi o cicli di lavorazione, che il cemento impiegato al momento del confezionamento del calcestruzzo non presenti temperature superiori ai 50 °C.

I cementi impiegati potranno essere oggetto di verifica da parte della Direzione Lavori tramite il laboratorio di fiducia al momento del loro approvvigionamento.

c) Acqua

L'acqua destinata al lavaggio degli aggregati ed all'impasto del calcestruzzo dovrà rispondere alle prescrizioni contenute nella Norma UNI EN 1008 e provenire da fonti che assicurino approvvigionamenti di costante qualità.

d) Additivi

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità, modificano le proprietà della miscela fresca o indurita secondo le esigenze di progetto. La Norma UNI EN 934-2 prescrive che la quantità massima di additivo da aggiungere durante il confezionamento del calcestruzzo non sia superiore al 5% in massa del contenuto di cemento. Gli additivi devono essere marcati CE in conformità alle specifiche della Norma UNI EN 934-2, secondo le indicazioni della Norma UNI 934-6, con il sistema di attestazione 2+ (marcatura rilasciata da ente terzo); devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI EN 934-2, UNI EN 934-6, UNI 10765, UNI EN 480-8, UNI EN 480-10; non devono contenere sostanze che compromettano la durabilità del calcestruzzo o siano causa della corrosione delle armature.

L'impiego di additivi è consentito previa verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele sia allo stato fresco sia allo stato indurito. Nel caso si utilizzino contemporaneamente più additivi, deve essere fornita prova di compatibilità.

L'apporto d'acqua derivante dagli additivi liquidi deve essere considerato nel calcolo del rapporto acqua/cemento qualora il dosaggio totale degli additivi sia superiore a 3l/m³. Dosaggi di additivi inferiori a 2g/kg di cemento richiedono la preventiva dispersione del prodotto in una parte dell'acqua di impasto.

Si farà uso di additivi aeranti laddove questi siano espressamente richiesti negli elaborati di progetto oppure se esplicitamente richiesto dalla Direzione Lavori. Essi dovranno essere aggiunti al calcestruzzo nel mescolatore in soluzione con acqua di impasto, con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo in quantità variabili di non più del 5% della quantità indicata nello studio della miscela e che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del calcestruzzo durante il periodo di miscelazione.

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti e superfluidificanti e di nuova generazione a lento rilascio o acrilici; esso sarà verificato dalla Direzione Lavori in base all'esame del tipo e della qualità degli additivi nonché delle prestazioni del calcestruzzo con essi confezionato.

In caso di contemporaneo uso di più additivi, e comunque in tutti i casi di dubbio, dovrà essere effettuata prova di impianto con il cemento da usare per la verifica della loro compatibilità.

e) Prodotti antievaporanti

La stesa di un antievaporante forma una sottile pellicola che ritarda la perdita di acqua di impasto, riducendo il rischio di fessurazione per ritiro plastico prima che il calcestruzzo venga rifinito meccanicamente e trattato chimicamente con prodotti filmogeni. L'applicazione di un prodotto antievaporante non sostituisce mai l'impiego di prodotti filmogeni. La tipologia e il dosaggio dei prodotti antievaporanti devono essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori. Un esempio di dosaggio consigliato per questo tipo di prodotti varia tra i 100g/m² per i prodotti chimici e 300g/m² per i prodotti organici. Tali prodotti devono essere chimicamente compatibili con il calcestruzzo non alterando la reazione di presa, e devono essere completamente rimossi prima delle operazioni di realizzazione della segnaletica orizzontale.

f) Prodotti filmogeni e materiali di curing

I prodotti filmogeni (di seguito indicati anche come "curing") sono applicati manualmente o meccanicamente sulla superficie del calcestruzzo dopo che questa è stata rifinita. Dal momento che l'applicazione meccanizzata assicura una distribuzione più uniforme del prodotto rispetto a quella manuale, quest'ultima deve essere adottata solo in casi di necessità o per interventi di limitata estensione. Il prodotto deve essere facilmente spruzzabile a temperatura ambiente e risultare ancora spruzzabile a 5°C, se contiene un solvente deve avere un punto di infiammabilità superiore a 35°C. La classificazione, i requisiti, la determinazione del fattore di riflessione, la determinazione dell'influenza esercitata sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo dai prodotti filmogeni devono essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI CEN/TS 14754-1. La costanza della composizione del prodotto deve essere verificata al momento dell'approvvigionamento. E' consentito l'utilizzo di teli in polietilene per coprire la superficie di calcestruzzo in sostituzione degli agenti liquidi di curing. La rimozione della protezione plastica non deve causare shock termici nella pavimentazione: è perciò necessario valutare la temperatura del calcestruzzo e la temperatura dell'ambiente prima di rimuovere i teli. E' necessario inoltre predisporre dispositivi di protezione del calcestruzzo fresco da anni di tipo meccanico causabili da mezzi di locomozione, pedoni, animali o altro.

g) Rete di acciaio elettrosaldata

Dovrà essere costituita da fili elementari del diametro di 8 mm, con distanza assiale tra i fili di 100 mm, controllata in stabilimento e rispondente ai requisiti e alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (D.M. 17/01/2018 e successivi aggiornamenti). La rete sarà sostenuta nella posizione indicata nei disegni di progetto da appositi tralicci d'acciaio.

h) Barre di compartecipazione (dowel bars)

Le barre di compartecipazione (o dowel bars) hanno la funzione di trasferire i carichi tra le lastre in corrispondenza di un giunto, riducendo il rischio di ammaloramenti quali scalinamento e pumping.

Laddove previsto dai disegni di progetto, l'armatura dovrà essere costituita da barre tonde lisce di trasferimento in acciaio rispondenti ai requisiti prescritti dalla normativa vigente (D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti). Dovranno essere lisce, perfettamente rettilinee, esenti da sbavature, deformazioni o irruvidimenti che possano pregiudicare il loro perfetto scorrimento.

Tali barre avranno diametro, lunghezza e spaziatura come indicato negli elaborati di progetto; la tolleranza azimutale e zenitale rispetto al piano citato sarà del 2% (20 mm/m).

Le barre, precedentemente trattate con vernici anticorrosive, saranno solidali per metà della loro lunghezza ad una lastra, mentre dovranno poter scorrere liberamente, lungo la loro direzione, per la metà opposta; per tale motivo si interviene rivestendo tale parte di barra con materiale antifrizione. L'ancoraggio di tali barre alle lastre verrà realizzato previa fiorettatura del calcestruzzo e successivo riempimento del foro con resina epossidica.

i) Strato antifrizione sul piano di appoggio

Sul piano d'appoggio delle lastre in calcestruzzo verrà posto uno strato antifrizione, costituito da un foglio di polietilene, di spessore non inferiore ad 4/10 di millimetro, sovrapposto ad un telo di (geotessile) tessuto non tessuto di circa 300 g/m² non dannosi per il calcestruzzo, resistenti agli alcali e agli agenti disgelanti.

j) Mastici per sigillature

I mastici da impiegare per l'esecuzione delle sigillature dei giunti indicati nei disegni di progetto dovranno essere usati sotto il controllo continuo della Direzione Lavori e dopo autorizzazione specifica.

Saranno del tipo da colare a freddo e dovranno avere requisiti rispondenti alle norme EN 15651-4, ISO 11600 F 25 HM, ASTM C 920 e BS 6920, i quali saranno costituiti da formulati sintetici monocomponenti a base di resine poliuretaniche monocomponenti igroindurenti, da miscelare al momento dell'uso secondo le proporzioni indicate dalla Ditta produttrice.

Il quantitativo di prodotto da miscelare dovrà essere commisurato al quantitativo da porre in opera, tenuto conto che la vita utile della miscela una volta preparata è assai limitata (circa 2 ore di vita utile

ad una temperatura di 23 °C e a 50% di umidità relativa): ogni eccedenza dovrà essere scartata una volta superata detta vita utile.

La massa volumica della miscela pronta all'uso dovrà essere pari a circa 1400 g/dmc (DIN 53479). Il prodotto dovrà assicurare un elevato allungamento a rottura (> 700% - DIN53504) ed un'elevata resistenza chimica al cherosene, al gasolio ed alla nafta (a carburanti aeronautici e Diesel secondo le linee guida DIBt (contatto non permanente).

I sigillanti di cui si proporrà l'utilizzo dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori e presentare buone caratteristiche di resilienza e resistenza all'invecchiamento per effetto degli agenti atmosferici. All'atto della proposta del tipo di sigillante da impiegare dovranno essere fornite le seguenti notizie tecniche:

- caratteristiche fisiche del prodotto;
- modalità di preparazione del materiale;
- modalità di preparazione del giunto prima della sigillatura;
- modalità e limiti di impiego del prodotto (temperature, umidità, ecc.);
- eventuale necessità e caratteristiche di un promotore di adesione.

i) Ferri di legatura (tie bars)

I ferri di legatura (o tie bars) sono barre nervate che prevengono lo scalinamento del giunto e impediscono il movimento laterale delle lastre. Nel caso in cui un'estremità del ferro debba essere ancorata ad un elemento in calcestruzzo indurito, il foro di alloggiamento deve essere realizzato preferibilmente con tecniche di sola rotazione; le pareti del foro devono essere ricoperte di resina epossidica per l'incollaggio. In alternativa alla resina epossidica può essere usata una malta espansiva conforme alle specifiche della malta liquida (Norma UNI EN 1992-1-1).

Tali ferri avranno lunghezza e spaziatura come indicato nel paragrafo 3.14.10.1 dell'Advisory Circular 150/5320-6F "Airport Pavement Design and Evaluation" (762 mm di lunghezza e spaziatura, per un totale di almeno 5 barre).

5.12.3 Studio e caratteristiche della miscela

a) Caratteristiche generali

Con congruo anticipo sull'inizio dei getti l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori:

- i campioni dei materiali che intende impiegare riferendone provenienza, tipo e qualità;

- la composizione del calcestruzzo che intende adoperare giustificandola con i risultati della resistenza meccanica ottenuta su impasti di prova realizzati su una o più combinazioni di materiali granulari lapidei utilizzabili per il lavoro in questione specificandone in modo preciso la provenienza e granulometria di ogni singola pezzatura.

Per ogni combinazione provata verrà indicata dall'Impresa la granulometria, la quantità d'acqua utilizzata, il rapporto acqua/cemento in condizioni saturate a superficie asciutta, il tipo e dosaggio del cemento, il contenuto percentuale d'aria inclusa, la lavorabilità e la relativa perdita nel tempo della medesima (almeno fino a 2 ore dal confezionamento) nonché le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

L'accettazione della miscela stessa avvenuta sulla base dei valori delle resistenze meccaniche a 28 gg. di maturazione determinate su provini di forma cubica e prismatica (travetti) dovrà essere convalidata dalle prove allo stato fresco ed indurito eseguite dal laboratorio di fiducia della Direzione Lavori, sul calcestruzzo prelevato durante la prova di impianto nonché su carote prelevate dall'eventuale stesa di prova.

A giudizio della Direzione Lavori, qualora l'impianto di confezionamento e l'attrezzatura di posa in opera siano stati già utilizzati con risultati soddisfacenti in altri lavori, l'accettazione della miscela potrà avvenire sulla base dei risultati del solo studio di laboratorio.

Nel caso che le prove sul prodotto finito diano risultato negativo, fatto salvo il buon funzionamento dell'impianto di confezionamento e delle apparecchiature di posa in opera e la loro rispondenza alle caratteristiche ed ai limiti di tolleranza imposti, l'Appaltatore provvederà a suo carico a studiare una nuova miscela e a modificarla fino a che il prodotto finito non risponda alle caratteristiche prescritte. La Direzione Lavori dovrà controllare attraverso il laboratorio di sua fiducia i risultati presentati.

Non appena confermata con controlli eseguiti sul prodotto finito la validità delle prove di laboratorio eseguite in fase di studio della miscela, la composizione del calcestruzzo diverrà definitiva. Le caratteristiche definitive della miscela dovranno rispettare i limiti sotto indicati.

b) Composizione granulometrica

La composizione granulometrica degli inerti del calcestruzzo sarà tale da dar luogo ad una curva del combinato contenuta tra le curve Bolomey e di Fuller. L'Appaltatore dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro. I requisiti generali di granulometria sono indicati nel Prospetto 2 della Norma UNI EN 12620, l'analisi granulometrica è svolta secondo la Norma UNI EN 933-1.

La dimensione massima degli inerti dovrà essere commisurata alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro dell'eventuale armatura. In linea di massima, la maggiore dimensione degli inerti non deve superare 1/5 della minima dimensione delle casseforme e, per i

calcestruzzi armati, $3/4$ della minima distanza tra i ferri di armatura. Ogni classe di calcestruzzo dovrà essere confezionata con almeno 3 distinte pezzature di aggregati: 2 pezzature per l'aggregato grosso, una pezzatura per la sabbia. Quest'ultima, la cui composizione granulometrica dovrà corrispondere a quanto di seguito indicato, dovrà essere composta dalle miscele di due o più sabbie nel caso non fosse possibile reperire un'unica sabbia di composizione idonea, senza che ciò possa dar luogo a richieste di compenso addizionale:

Composizione granulometrica della sabbia per calcestruzzo

Apertura maglia dei setacci UNI EN (mm)	Passante (%)
4	90 – 100
2	65 – 90
1	45 – 75
0.5	22 – 46
0.25	7 – 25
0.125	0 – 5

c) Contenuto di cemento

Il dosaggio di cemento, una volta accettato dalla Direzione Lavori, dovrà essere controllato con la frequenza prescritta e con le modalità di cui alla UNI 6393 e dovrà mantenersi nel campo di tolleranza del $\pm 3\%$ della quantità prevista.

d) Contenuto d'acqua

Il contenuto d'acqua d'impasto del calcestruzzo verrà definito in maniera sia ponderale sia volumetrica, con la tolleranza del $\pm 10\%$ (intervallo riferito al contenuto medio di acqua in l/mc). Il valore del contenuto da rispettare sarà quello determinato in laboratorio al momento dello studio di formulazione ed approvato dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore fisserà in conseguenza le quantità d'acqua da aggiungere alla miscela secca nel mescolatore, tenuto conto dell'acqua inclusa assorbita ed adsorbita nei materiali granulari e delle perdite per evaporazione durante il trasporto.

Il contenuto d'acqua, tenendo anche conto dell'eventuale aggiunta di additivi fluidificanti, superfluidificanti e di nuova generazione, dovrà essere il minimo sufficiente a conferire all'impasto la lavorabilità specificata, compatibilmente con il raggiungimento delle resistenze prescritte, in modo da realizzare un calcestruzzo compatto ed evitare, al tempo stesso, la formazione di uno strato di acqua libera o di malta liquida sulla superficie degli impasti dopo la vibrazione.

Per realizzare le esigenze sopra citate il rapporto acqua/cemento, che non dovrà superare il valore di 0.50, potrà ridursi ricorrendo ad appropriati additivi superfluidificanti o di nuova generazione, pur evitando di scendere al disotto di 0.40.

Il valore ottimo della consistenza a cui attenersi durante la produzione del calcestruzzo verrà scelto dopo aver eseguito il getto di una lastra di prova delle dimensioni 4x4 m: i valori dell'abbassamento alla prova al cono (slump test) saranno determinati con le modalità di cui alla UNI EN 12350-2. Se la stesa del calcestruzzo sarà manuale, il valore di slump di riferimento sarà di 230 mm \pm 30 mm (classe di consistenza S5). Nei casi di stesa meccanizzata con casseforme fisse è consigliata la classe di consistenza S3; per la stesa meccanizzata con casseforme scorrevoli sono consigliate miscele con slump di riferimento di 10 - 40 mm \pm 30 mm (classe di consistenza S1).

Classe di consistenza	Abbassamento al cono (slump) in mm
S1	10 - 40
S2	50 - 90
S3	100 - 150
S4	160 - 210
S5	> 210

e) Contenuto d'aria

Qualora secondo quanto indicato nel progetto o a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni climatiche della zona di posa in opera della pavimentazione richiedano la realizzazione della lastra con un calcestruzzo con additivo aerante, il contenuto di aria allo stato fresco dovrà essere pari al 5% \pm 1%.

La percentuale di additivo aerante necessaria ad ottenere nel calcestruzzo la giusta percentuale di aria inglobata sarà fissata durante lo studio dell'impasto ed eventualmente modificata dopo la stesa di prova.

La misura della quantità d'aria inglobata verrà effettuata volumetricamente secondo le modalità della norma UNI EN 12350-7.

f) Resistenze meccaniche

La formulazione prescelta per il calcestruzzo dovrà essere tale da garantire i seguenti valori minimi di resistenza meccanica determinati su provini di forma, dimensioni e modalità di confezionamento e stagionatura conformi a quanto precisato nelle Norme UNI EN 12390-1/2. In particolare, si richiede:

- resistenza caratteristica a compressione dopo 28 giorni: 45 MPa;

- resistenza a trazione per flessione media dopo 28 giorni: 4.02 MPa.

La resistenza a compressione verrà determinata con prove eseguite su provini di forma cubica con le modalità di cui alla UNI EN 12390-3; la resistenza a trazione per flessione verrà determinata con prove eseguite su provini di forma prismatica con le modalità di cui alla UNI EN 12390-5. Nella fase di studio della formulazione del calcestruzzo i valori di resistenza da confrontare con quelli minimi richiesti dovranno risultare dalla media di non meno di 3 provini distinti, i cui singoli valori non dovranno scostarsi dalla media di più del 10%. Tale media verrà calcolata ponderalmente attribuendo il coefficiente 2 al risultato intermedio.

L'onere economico della procedura di mix design si considera a carico dell'Appaltatore.

g) Ritiro

Il ritiro idraulico del calcestruzzo, determinato con la modalità di cui alla Norma UNI EN 11307, dovrà essere inferiore allo 0.03% con riferimento ad una stagionatura della durata di 28 giorni, alle condizioni del 50% di umidità relativa e di 20 ± 2 °C di temperatura.

h) Resistenza al gelo

Anche in zone in cui la temperatura non scende al di sotto di 0 °C, a discrezione della Direzione lavori, potranno essere richieste delle prove di resistenza al gelo da eseguire sugli spezzoni di travetti degli impasti di prova. I provini non dovranno presentare alcun degrado dopo 10 cicli di gelo ed altrettanti di disgelo applicati tra le temperature di +20 e -20 °C (con permanenza alle temperature indicate di almeno un'ora) e comunque quando sottoposti alla prova eseguita con le modalità di cui alla UNI 7087.

i) Classe d'esposizione

La classe d'esposizione del calcestruzzo dovrà risultare XS01 (esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare) come definito UNI EN 206-1.

5.13 Segnaletica orizzontale

5.13.1 Generalità

Le lavorazioni da eseguirsi sulla segnaletica orizzontale nell'ambito del presente Progetto includono:

- cancellatura provvisoria o definitiva di segnaletica orizzontale esistente;
- realizzazione di nuova segnaletica orizzontale aeromobili in vernice oppure in termospruzzato plastico.

5.13.2 Cancellatura della segnaletica orizzontale

a) Cancellatura provvisoria della segnaletica orizzontale

La cancellatura della segnaletica orizzontale esistente potrà essere eseguita secondo due distinte tecniche:

- con sovrapposizione di vernice grigia, in tali aree l'operazione di cancellatura dovrà essere eseguita con la stesura di vernice di colore grigio, di tonalità da adeguare al colore del fondo circostante, coprendo integralmente la segnaletica esistente;
- con sovrapposizione di emulsione bituminosa, in tali aree allo scopo verrà stesa una mano di emulsione bituminosa acida di tipo ER 55 in ragione di 1 - 2 kg/mq.

b) Cancellatura definitiva della segnaletica orizzontale

La rimozione dovrà essere totale, eseguita con idonee macchine pallinatrici e/o bocciardatrici dotate di impianto aspirante in maniera da non immettere polveri nell'aria.

Prima di iniziare i lavori in argomento l'Appaltatore dovrà accertare con ogni cura lo stato della pavimentazione sottostante la segnaletica orizzontale esistente in modo tale da tarare i mezzi meccanici per la rimozione della stessa senza provocare danni alla pavimentazione. Alla fine di ogni tratto interessato dai lavori si dovrà procedere immediatamente alla pulizia con autospazzatrice.

5.13.3 Nuova segnaletica orizzontale - Caratteristiche prestazionali

La segnaletica di progetto dovrà essere conforme alla normativa CS-ADR-DSN ISSUE 4 (8 Dicembre 2017) e definita in base alle indicazioni contenute nelle normative nazionali e internazionali che definiscono le principali caratteristiche fisiche e operative della segnaletica dell'area di movimento aeroportuale. Si riportano di seguito i documenti di riferimento:

- ENAC, Regolamento per la costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti, Emendamento 8 del 21/12/2011;

- ENAC, Manuale dei Criteri di Accettabilità per gli Aiuti Visivi Aeroportuali, edizione 1 del 27 settembre 2005, allegato alla Circolare APT-13A;
- ENAC, Manuale della segnaletica orizzontale per i piazzali sosta aeromobili, edizione 1 del 28 luglio 2006, allegato alla Circolare APT-24;
- ICAO, Annesso 14, Vol. I, edizione Luglio 2016;
- EASA, CS-ADR-DSN Issue 4, Dicembre 2017;
- Aerodrome Design Manual – Part 1 e 2;
- Airport Planning Manual.

Il Manuale dei Criteri di Accettabilità per gli Aiuti Visivi Aeroportuali dell'ENAC, edizione 1 del 27 settembre 2005, allegato alla Circolare APT-13A fornisce chiare indicazioni sulla cromaticità e sui fattori di illuminanza che devono essere posseduti dalla segnaletica orizzontale. Esse sono riprese dalla normativa CIE (Recommendations for Surface Colours for Visual Signalling) e si riferiscono a vernici appena stese.

Le caratteristiche di riflettanza delle vernici messe in opera sono specificate nella norma UNI EN 1436.

Per le vernici aeroportuali si adottano le seguenti colorazioni:

- giallo: per la segnaletica di guida al rullaggio;
- bianco: per segnaletica di pista di volo e come segnaletica nei markings con istruzione d'obbligo;
- rosso: come colore di fondo dei markings con istruzione d'obbligo;
- nero: come vernice di contrasto ai colori giallo e bianco e come segnaletica nei markings a carattere informativo.

Tutte le segnaletiche orizzontali devono essere ben visibili e definite sia di giorno che di notte, anche in presenza di pioggia, con fondo bagnato e tali da svolgere effettivamente funzione di guida, in particolare nelle ore notturne, per gli aeromobili e autoveicoli sotto l'azione dei fari.

Le caratteristiche di visibilità notturna, antiscivolosità, resistenza all'usura ecc. dei markings devono essere mantenute quanto più possibile costanti per tutta la loro vita utile prevista.

Con particolare riferimento alla normativa UNI EN 1436, devono essere rispettati i valori espressi dai seguenti parametri, che dovranno essere verificati nei punti e secondo le frequenze indicate dalla Direzione Lavori:

- colore;
- visibilità notturna RL (retroreflessione in condizioni di illuminazione con proiettori, in condizioni di asciutto, bagnato, pioggia);
- riflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione diffusa Qd;
- coefficiente di attrito.

COLORE

Il colore della pittura, ovvero la sensazione cromatica percepita dall'osservatore, viene definito mediante le coordinate cromatiche riferite al diagramma colorimetrico standard C.I.E. 1931 (Commission Internationale d'Eclairage), a cui fanno riferimento le specifiche EASA, in particolare CS ADR-DSN.U.935.

I colori dei prodotti di segnaletica orizzontale devono rientrare, per tutta la loro vita utile, all'interno delle zone determinate dalle coordinate tricromatiche, rilevate secondo le metodologie riportate nelle tabelle seguenti:

a) Rosso		
	Vernici	Materiali retroriflettenti
Gamma viola	$y = 0.345 - 0.051x$	$y = 0.345 - 0.051x$
Gamma bianco	$y = 0.910 - x$	$y = 0.910 - x$
Gamma arancione	$y = 0.314 + 0.047x$	$y = 0.314 + 0.047x$
Gamma giallo	$y = 0.740 - x$	$y = 0.740 - x$
Fattore di luminanza	$\beta = 0.07$ (min)	$\beta = 0.03$ (min)

b) Giallo		
	Vernici	Materiali retroriflettenti
Gamma arancione	$y = 0.108 + 0.707x$	$y = 0.160 + 0.540x$
Gamma bianco	$y = 0.910 - x$	$y = 0.910 - x$
Gamma verde	$y = 1.35x - 0.093x$	$y = 1.35x - 0.093x$
Fattore di luminanza	$\beta = 0.45$ (min)	$\beta = 0.16$ (min)

c) Bianco		
	Vernici	Materiali retroriflettenti
Gamma viola	$y = 0.010 + x$	$y = x$
Gamma blu	$y = 0.610 - x$	$y = 0.610 - x$
Gamma verde	$y = 0.030 + x$	$y = 0.040 + x$
Gamma giallo	$y = 0.710 - x$	$y = 0.710 - x$
Fattore di luminanza	$\beta = 0.75$ (min)	$\beta = 0.27$ (min)

d) Nero	
	Vernici
Gamma viola	$y = x - 0.030$
Gamma blu	$y = 0.570 - x$
Gamma verde	$y = 0.050 + x$
Gamma giallo	$y = 0.740 - x$
Fattore di luminanza	$\beta = 0.03$ (max)

VISIBILITÀ NOTTURNA

La visibilità notturna della segnaletica in presenza di illuminazione artificiale viene definita dal valore di retroriflessione RL.

Con riferimento ai Prospetti contenuti nella Norma UNI EN 1436 il valore di retroriflessione deve essere conforme:

- al n° 3 (Colore Giallo, Classe R1; Colore Bianco, Classe R2) in condizioni di superficie asciutta;
- al n° 4 (Colori Giallo e Bianco, Classe RW1) in condizioni di superficie bagnata;
- al n° 5 (Colore Giallo e Bianco, Classe RR1) in condizioni di pioggia.

RIFLESSIONE ALLA LUCE DEL GIORNO

La riflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione diffusa della segnaletica è definita dal valore della riflessione Qd.

Il valore di riflessione deve essere conforme al Prospetto 1 (Colore Giallo, Classe Q2; Colore Bianco su cemento, Classe Q3; Colore Bianco su Asfalto, Classe Q2) della Norma UNI EN 1436.

COEFFICIENTE DI ATTRITO

La segnaletica orizzontale deve possedere, tra le sue caratteristiche, una resistenza allo slittamento nel contatto tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico, per tutta la vita utile, pari a 50 SRT (British Portable Skid Resistance Tester - Classe S2). Tutta la segnaletica deve presentare coefficienti di attrito quanto più possibile prossimi a quelli della pavimentazione circostante, anche in condizioni di pavimentazione bagnata.

Si possono utilizzare altri metodi di misurazione a condizione che simulino l'azione dei pneumatici sul manto in condizioni bagnate e che abbiano una correlazione con il metodo descritto nell'appendice D della norma UNI EN 1436.

Tutte le misurazioni dovranno essere eseguite in accordo con quanto previsto dalla Norma UNI EN 1436, Appendici A, B, C, D.

5.13.4 Segnaletica orizzontale in vernice

a) Generalità

La vernice da impiegarsi dovrà essere di ottima qualità e non dovrà assumere, in alcun caso, colorazioni diverse da quelle prescritte nel presente Progetto. Dovrà possedere caratteristiche chimiche tali da garantire una completa innocuità nei confronti delle pavimentazioni, nonché caratteristiche fisiche capaci di conservarne inalterata e costante la visibilità e l'efficienza sino alla completa consunzione. Dovrà avere una buona resistenza all'usura provocata sia dal traffico sia dagli agenti atmosferici. Dovrà essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione, non dovrà avere tendenza al disgregamento, né lasciare spolverature di pigmento dopo l'essiccazione, né assumere una colorazione grigia al transito dei primi veicoli.

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo semovente.

I bordi delle strisce di qualsiasi tipo dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta. Dovranno inoltre risultare perfettamente allineati con l'asse dell'infrastruttura alla quale si riferiscono.

b) Prove e accertamenti

Le vernici che saranno adoperate per l'esecuzione della segnaletica orizzontale dovranno essere accompagnate da una dichiarazione delle caratteristiche, dalla quale dovranno risultare:

- il peso per litro a 25 °C;
- il tempo di essiccazione;
- la viscosità;
- la percentuale di pigmento;
- la percentuale di non volatile;
- il peso di cromato di piombo o del biossido di titanio;
- il tipo di solvente da usarsi per diluire;
- la quantità raccomandata per l'applicazione della pittura.

I contenitori prescelti per eventuali prove che verranno richieste dalla Direzione Lavori dovranno risultare ermeticamente chiusi e dovranno essere etichettati con i dati necessari ad identificare univocamente il campione.

Per le varie caratteristiche sono ammesse le seguenti tolleranze massime, superate le quali verrà rifiutata la vernice:

- viscosità: un intervallo di 5 unità Krebs rispetto al valore dichiarato dal venditore nella dichiarazione delle caratteristiche;
- peso per litro: 0.03 kg in più o in meno.
- Nessuna tolleranza è invece ammessa per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

c) Caratteristiche delle vernici

La vernice da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente premiscelato e cioè contenere sfere di vetro mescolate durante il processo di fabbricazione, così che dopo l'essiccamento e la successiva esposizione delle sfere di vetro, dovuta all'usura dello strato superficiale di vernice stessa, svolga effettivamente un'efficiente funzione di guida nelle ore notturne sotto l'azione dei fari.

La vernice rifrangente impiegata dovrà possedere le caratteristiche seguenti:

Caratteristiche della vernice rifrangente

Peso specifico a 20 °C	1.6 – 1.75 kg/litro
Residuo secco	75 – 78%
Tempo di essiccazione al tatto (fuori polvere) a 20 °C	max 10 minuti
Tempo di essiccazione totale (transitabilità) a 20 °C	max 30 minuti
Viscosità a 25 °C	70 – 90 unità Krebs
Quantità perline di vetro miscelate	30 – 40% per litro
Potere coprente a 550/400 micron umidi	1.5 – 1.65 mq/kg

Componente pigmento vernice bianca (biossido di titanio rutilo)	min 14% ($\pm 1\%$)
Componente pigmento vernice gialla (cromato di piombo)	9 – 10%
Legante o veicolo	composto di resina alchilica non ingiallente e clorocaucciù
Resistenza all'olio lubrificante	buona
Aspetto del film applicato	uniforme e serico, esente da grumi e pelli

Condizioni di stabilità

Per la vernice bianca il pigmento colorato sarà costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di zinco, per quella gialla da cromato di piombo.

La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme. Non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa o ispessirsi.

La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore, senza difficoltà, mediante l'uso di una spatola. La vernice non dovrà assorbire grassi, oli ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di alcun tipo.

Caratteristiche delle sfere di vetro

Le perline di vetro dovranno corrispondere, per caratteristiche, a quanto stabilito dalle Leggi e Regolamenti ufficiali vigenti in materia ed in particolare alla Norma UNI EN 1424.

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per il 90% del peso totale, avere forma sferica (ASTM D1155 - metodo A) con esclusione di elementi ovali (imperfette secondo UNI EN 1423 e 1424), e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione, determinato secondo il metodo indicato nella norma UNI EN 1423, non dovrà essere inferiore ad 1.50.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione sotto l'azione di soluzioni acide saponate a pH 5-5.3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio.

La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 40%.

Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche granulometriche:

- setaccio ASTM % in peso
- perline passanti al setaccio n. 70 100%

- perline passanti al setaccio n. 80 85-100%
- perline passanti al setaccio n. 140 15-55%
- perline passanti al setaccio n. 230 0-10%

Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere applicata su pavimentazioni pulite e asciutte, esenti da oli, grassi, emulsioni e sali, a temperatura ambiente non inferiore a 10 °C e umidità relativa non superiore all'80%, salvo diversa richiesta della Direzione Lavori per necessità contingenti.

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta.

Il grado di diluizione dovrà essere compreso tra un minimo del 2% ed un massimo del 5%, in relazione alla temperatura ambientale al momento dell'impiego (5% a 15 °C; 3% a 20 °C; 2% a 25 °C).

A stesa effettuata, al fine di ottenere le migliori condizioni di essiccazione e durata, il film umido dovrà presentare uno spessore compreso tra 400 e 550 micron.

Quantità di vernice da impiegare e tempo di essiccazione

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a chilogrammi 0.100 kg/ml di striscia larga 12 cm, e di 1.00 kg per superfici variabili di 1.3 mq e 1.4 mq, e comunque sempre nella quantità indicata dal produttore.

In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione, con temperatura dell'aria tra i 15°C e 40°C ed umidità relativa non superiore al 70%, la vernice applicata dovrà asciugarsi entro 30-40 minuti dall'applicazione; trascorso tale periodo di tempo le vernici non dovranno staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate.

Il tempo di essiccazione sarà anche controllato in laboratorio secondo la norma ASTM D711-35.

Viscosità

La vernice nello stato in cui viene applicata dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con la macchina traccialinee; tale consistenza, misurata allo stormer viscosimeter a 25 °C, espressa in umidità krebs, sarà compresa tra 70 e 90 (ASTM D562).

Colore

La vernice dovrà essere conforme ai colori richiesti dal presente Progetto.

La determinazione del colore sarà eseguita in laboratorio dopo l'essiccamento della vernice per 24 ore. Questa non dovrà contenere alcun elemento colorante organico e non dovrà scolorire al sole.

La vernice bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertato mediante idonea attrezzatura.

Il colore dovrà conservarsi nel tempo dopo l'applicazione. L'accertamento di tali conservazioni potrà essere richiesto dalla Direzione Lavori in qualunque momento prima del collaudo e potrà essere condotto con opportuni metodi di laboratorio.

Veicolo

Il residuo non volatile sarà compreso tra il 75% ed il 78% in peso sia per la vernice bianca che per la vernice gialla.

Contenuto di pigmenti

La pittura dovrà contenere pigmenti organici che abbiano un'ottima stabilità all'azione dei raggi UV, un'elevata resistenza agli agenti atmosferici ed una limitata propensione all'assorbimento ed alla ritenzione dello sporco.

I pigmenti contenuti nella pittura dovranno essere compresi tra il 35 ed il 45% in peso (FTMS 141°-4021.1).

Contenuto di pigmenti nobili

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e quello cromato di piombo (vernice gialla) compreso nell'intervallo 9 - 10% in peso.

Resistenza ai lubrificanti e carburanti

La pittura dovrà resistere all'azione lubrificante e carburante di ogni tipo e risultare insolubile e inattaccabile alla loro azione.

5.13.5 Segnaletica orizzontale in termospruzzato plastico

a) Generalità

L'Appaltatore deve fornire un certificato, emesso dal produttore, con il nome ed il tipo di materiale che intende adoperare, la sua composizione chimica ed altri elementi che possano essere richiesti dalla Direzione dei Lavori.

La Direzione dei Lavori deve prelevare campioni di spruzzato termoplastico, prima e dopo la stesa, per farli sottoporre alle prove che riterrà opportune, presso laboratori ufficiali, onde controllare le caratteristiche in precedenza indicate e richieste; le spese relative saranno a carico dell'Appaltatore.

b) Composizione del materiale

Lo spruzzato termoplastico è costituito da una miscela di aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme con resine sintetiche termoplastiche.

La composizione del materiale, incluse le microsfere sovraspruzzate, è, in peso, all'incirca la seguente:

Composizione dello spruzzato termoplastico

Aggregati	40%
Pigmenti e sostanze inerti	20%
Legante (resine e olio)	20%
Microsfere di vetro	20%

La proporzione dei vari componenti è tale che il prodotto finale, quando viene liquefatto, può essere spruzzato facilmente sulla superficie realizzando una striscia uniforme di buona nitidezza.

Gli aggregati sono costituiti da sabbia bianca silicea, calcite frantumata, silice calcinata, quarzo ed altri aggregati chiari ritenuti idonei.

Le microsfere di vetro devono avere buona trasparenza - per almeno l'80% - ed essere regolari e prive di incrinature; il loro diametro deve essere compreso tra 0.2 e 0.8 mm (non più del 10% deve superare il setaccio da 420 micron).

Il pigmento colorante è costituito da biossido di titanio (colore bianco) oppure da cromato di piombo (colore giallo); il primo deve essere in percentuale non inferiore al 10% in peso rispetto al totale della

miscela, mentre il secondo deve essere in percentuale non inferiore al 5% e deve possedere una sufficiente stabilità di colore quando viene riscaldato a 200 °C.

La sostanza inerte è costituita da carbonato di calcio ricavato dal gesso naturale. Il contenuto totale dei pigmenti e della sostanza inerte deve essere compreso tra il 18% ed il 22% in peso rispetto al totale della miscela.

Il legante, costituito da resine sintetiche da idrocarburi, plastificate con olio minerale, non deve contenere più del 5% di sostanze acide.

Le resine impiegate dovranno essere di colore chiaro e non dovranno scurirsi eccessivamente se riscaldate per 16 ore alla temperatura di 150 °C.

L'olio minerale usato come plastificante deve essere chiaro e con una viscosità di 0.5 + 35 poise a 25 °C e non deve scurirsi se riscaldato per 16 ore alla temperatura di 150 °C.

Il contenuto totale di legante deve essere compreso tra il 18% ed il 22% in peso rispetto al totale della miscela.

L'insieme degli aggregati, dei pigmenti e delle sostanze inerti deve avere il seguente fuso granulometrico (analisi al setaccio):

Fuso granulometrico dell'insieme di aggregati, pigmenti e sostanze inerti per spruzzato termoplastico.

Apertura setaccio (mm)	Min	Max
3200 micron	100	-
1200 micron	85	95
300 micron	40	65
75 micron	25	35

Il peso specifico dello spruzzato termoplastico a 20 °C deve essere di circa 2.0 g/cmc.

Lo spessore della pellicola di spruzzato termoplastico deve essere di norma di 1.5 mm, con il corrispondente impiego di circa 3 500 g/mq di prodotto.

La percentuale in peso delle microsfere di vetro rispetto allo spruzzato termoplastico non deve essere inferiore al 12%, cioè a circa 400 g/mq.

In aggiunta a quanto sopra, in fase di stesa dello spruzzato termoplastico, sarà effettuata un'operazione supplementare di perlinaatura a spruzzo sulla superficie della striscia ancora calda, in ragione di circa 300 g/mq di microsferi di vetro.

Caratteristiche chimico-fisiche dello spruzzato:

- punto di infiammabilità: superiore a 230 °C;
- punto di rammollimento o di rinvenimento: superiore a 80 °C;
- peso specifico a 20 °C: circa 2.0 g/cm³;
- antisdruciolevolezza (secondo le prove di aderenza con apparecchio SRT): valore minimo 50 unità SRT;
- resistenza alle escursioni termiche: da sotto 0 °C a + 80 °C;
- resistenza dell'adesività: con qualsiasi condizione meteorologica (temperatura da -25 °C a + 70 °C), sotto l'influenza dei gas di scarico, in presenza di combinazione dei sali con acqua in concentrazione fino al 5% e sotto l'azione di carichi su ruota fino ad otto tonnellate;
- tempo di essiccazione: (secondo le norme americane ASTM D711-55 punto 2.4) valore massimo 10";
- resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione di cloruro di calcio a forte concentrazione, per un periodo di 4 settimane;
- visibilità notturna (secondo il metodo di prova delle norme inglesi "Road Markings, Traffic Signs and Signals" - Art. 16.01 - Traffic Paint and Road Markings - punto 1 e 11/d): il valore minimo del coefficiente deve essere 75; il coefficiente è uguale a 100 per il carbonato di magnesio in blocco;
- resistenza all'usura (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette - punto 11/a): la perdita di peso del campione dopo 200 giri non deve eccedere 0.5 g;
- resistenza alla pressione ed alla temperatura (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette - punto 11/b): dopo un'ora un peso di 100 g, dal diametro di 24 mm, non deve essere penetrato nel campione, ma aver lasciato soltanto una leggera impronta;
- resistenza all'urto a bassa temperatura: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette - punto 11/c) dopo la prova d'urto il campione non deve rompersi né incrinarsi se portato alla temperatura di -1 °C.

c) Sistema di applicazione

L'attrezzatura richiesta per effettuare la segnaletica orizzontale con spruzzato termoplastico è costituita da due autocarri, su uno dei quali viene effettuata la pre-fusione del materiale e sull'altro viene trasportata la macchina spruzzatrice, equipaggiata con un compressore capace di produrre un minimo di 2.00 mc di aria al minuto alla pressione di 7 kg/cm².

Un minimo di tre pistole spruzzatrici per il termoplastico e tre per le microsfere da sovraspruzzare devono essere disponibili ai bordi della macchina, in modo che strisce di larghezza compresa tra 10 cm e 100 cm possano essere ottenute con una passata unica.

Le pistole per spruzzare il termoplastico devono essere scaldate in modo che la fuoriuscita del materiale avvenga alla giusta temperatura, onde ottenere una striscia netta, diritta, senza incrostazioni o macchie.

Le pistole per le microsfere dovranno essere sincronizzate in modo da poter spruzzare immediatamente, sopra la striscia di termoplastico ancora calda, la quantità di microsfere di vetro indicata nel presente articolo.

La macchina spruzzatrice deve essere fornita di un selezionatore automatico che consenta la realizzazione delle strisce tratteggiate senza premarcatura ed alla normale velocità di applicazione dello spruzzato termoplastico.

Lo spruzzato termoplastico sarà applicato alla temperatura di 200 °C circa sulla pavimentazione asciutta ed accuratamente pulita anche da vecchia segnaletica orizzontale.

Lo spessore deve essere di norma di 1.5 mm.

5.13.6 Materiali

a) Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere idonea per l'applicazione su pavimentazione con le apposite macchine traccia linee e dovrà produrre una linea omogenea, consistente e piena della larghezza richiesta.

La vernice deve essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione, così da conseguire la prevista buona resistenza all'abrasione, agli agenti atmosferici, all'azione dei cloruri di sodio, calcio, magnesio, carburanti ed olii.

La vernice dovrà essere idonea all'applicazione su tutti i tipi di pavimentazione e non dovrà causare fenomeni di scoloritura se applicata su conglomerati bituminosi.

Le vernici di colore bianco, giallo e rosso saranno rifrangenti, mentre quella nera sarà di tipo normale e debbono essere costituite da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e materiali riempitivi, da microsfere di vetro, il tutto disperso in diluenti e solventi idonei. Il residuo totale è considerato pari al 25%.

Il liquido portante deve essere del tipo oleo-resinoso, con parte resinosa sintetica.

I solventi e gli essiccanti debbono essere derivati da prodotti rettificati della distillazione del petrolio.

5.13.7 Modalità di realizzazione

Circa le modalità di esecuzione dei lavori, dopo l'accettazione del materiale da impiegare, l'Appaltatore deve attenersi alle disposizioni della Direzione Lavori ed impegnarsi ad eseguire le opere in condizioni climatiche idonee e, ove occorra, in ore consentite.

Il piano sul quale le strisce verranno tracciate dovrà essere preventivamente ripulito ed essere completamente asciutto.

L'Appaltatore dovrà curare il riporto sulle pavimentazioni dei disegni medesimi e prima di procedere all'esecuzione dovrà sottoporli alla verifica ed approvazione della Direzione Lavori.

La dislocazione, il colore, la forma ed il dimensionamento dei segnali dovranno essere conformi a quanto indicato negli elaborati grafici di Progetto.

La macchina impiegata per la stesa della pittura e delle perline dovrà essere pienamente efficiente in modo da garantire l'esecuzione del lavoro a perfetta regola d'arte.

Le macchine impiegate per la cancellatura della vernice saranno di tipo meccanico, bocciardatrici o ad abrasione mediante pallini in acciaio, con produzione minima di 25 mq/ora.

Cautele dovranno inoltre essere prese al fine di evitare il sorpasso delle strisce da parte dei veicoli prima della loro completa essiccazione.

I lavori devono seguire la seguente successione di fasi:

- a) Spolvero e lavaggio delle pavimentazioni, in modo da garantire la perfetta aderenza della pellicola di vernice che sarà stesa successivamente. Qualora siano interessate pavimentazioni già aperte al traffico, l'intervento di pulizia dovrà assicurare l'asportazione di:
 - residui gommosi;
 - pitture la cui rimozione si renda necessaria per effettuare varianti alla segnaletica orizzontale;
 - qualsiasi altro materiale estraneo alla pavimentazione che sia ancorato alla stessa e possa compromettere la sicurezza del traffico degli aeromobili.
- b) Tracciamento dei segnali orizzontali di qualsiasi forma e dimensioni su superfici in calcestruzzo cementizio o conglomerato bituminoso mediante apparecchiature tacheometriche o rotelle traccianti. L'Appaltatore dovrà, prima di procedere alla esecuzione della segnaletica, sottoporre i riporti eseguiti sulle pavimentazioni alla verifica ed approvazione della Direzione Lavori.

- c) c) Il piano sul quale le strisce saranno tracciate dovrà essere preventivamente ripulito ed essere completamente asciutto.
- d) d) Deposizione di strati di vernice catarifrangente gialla, bianca, rossa o nera sulle pavimentazioni, mediante l'impiego di macchine semoventi munite di perlina mobile. Allo scopo di eseguire la post-spruzzatura di perline contestualmente alla stesura della vernice, il mezzo impiegato dovrà essere in grado di eseguire strisce della larghezza variabile da cm 10 a 50 per passata e in ogni caso in grado di formare una pellicola perfettamente omogenea ed uniforme. Nel caso di termospruzzato plastico, il sistema di applicazione è quello descritto al relativo articolo. La deposizione sarà eseguita in modo che l'adesione dello strato alla superficie del supporto sia perfetta, tale da resistere alle azioni tangenziali di strappo esercitate dai pneumatici degli aerei nelle varie condizioni d'impiego.
- e) e) I segnali, a lavori ultimati, dovranno presentarsi ben configurati, a contorni rettilinei ben definiti ed a superficie coperta con tinta uniforme senza resinature.
- f) f) Cautele dovranno essere prese al fine di evitare che aeromobili e veicoli percorrano le strisce prima della loro completa essiccazione.
- g) Sui lavori eseguiti dall'Appaltatore saranno effettuate, nel numero e con la frequenza che sarà indicata dalla Direzione Lavori (indicativamente una prova ogni 300 mq), controlli, prove e misure atte a verificare la qualità dei lavori eseguiti in rapporto alle caratteristiche prestazionali riportate al precedente paragrafo 5.12.3. Le prove saranno eseguite con apparecchi portatili tipo riflettometro e retroriflettometro.