

# AEROPORTO INTERNAZIONALE di NAPOLI



AEROPORTO **INTERNAZIONALE** di NAPOLI

## NUOVO PIAZZALE DI SOSTA A NORD DELLA RUNWAY

### PROGETTO ESECUTIVO

# CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO NORME TECNICHE - Opere Civili -

IL CAPO COMMESSA

Ing. Antonio Cozzolino  
Ord. ing. Napoli N°. 13700

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE

Ing. Mario Parziale  
Ord. Ing. Napoli N. 13852

IL PROGETTISTA



Ing. Gregorio Maria Ulini  
Ord. Ing. ROMA N°. 13429

RIFERIMENTO ELABORATO

DIRETTORIO				FILE			
codice commessa		N.Prog.		settore		n. progressivo	
2	4	0	4	0	3	A	T
						E	0
						0	0
						2	

DATA:

GEN. 2019

SCALA:

---

REVISIONE

n.	data
1	032019-Validazione-Doc645-ATE
2	072019-Agg. Gesac

RESPONSABILE SERVIZI OPERATIVI

Aniello Mattera

RESPONSABILE MANUTENZIONE

Ing. Valerio Di Lorenzo

PH PROGETTAZIONE E  
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Claudio Cuccorese  
Ord. Ing. Napoli N. 13082

## INDICE

1.	Premessa .....	2
PARTE 1: PRESCRIZIONI TECNICHE DI CARATTERE GENERALE .....		4
2.	Demolizioni .....	4
2.1	Scavi .....	4
2.2	Preparazione del piano di posa .....	5
2.3	Lavori di pavimentazione .....	5
2.4	Idraulica.....	6
2.5	Segnaletica orizzontale.....	6
2.6	Demolizione mediante scarifica di pavimentazioni esistenti in conglomerato bituminoso.....	7
2.7	Realizzazione di nuove pavimentazioni flessibili .....	7
3.	Esecuzione dei Lavori per Fasi in Orario Diurno.....	7
4.	Esecuzione dei Lavori per Fasi in Orario Notturno .....	7
5.	Variabilità delle Caratteristiche Compositive delle Pavimentazioni da Riquilificare.....	8
6.	Interventi Costruttivi in Presenza di Traffico Aeroportuale .....	8
7.	Gerarchia dei Documenti di Progetto .....	9
8.	PARTE 2: MATERIALI IN GENERE .....	10
8.1	Requisiti dei materiali e delle forniture .....	10
8.2	Ferri di armatura in acciaio .....	15
8.3	Casseforma ed armature di sostegno.....	16
8.4	Geotessile con funzioni di anticominazione .....	17
8.5	Geotessile con funzioni filtranti .....	17
8.6	Geocomposito di rinforzo di strati in conglomerato bituminoso .....	17
8.7	Leganti bituminosi .....	18
8.8	Materiali inerti.....	21
8.9	Tubi in PVC rigido .....	22
8.10	Canaletta grigliata di drenaggio .....	22
8.11	Segnaletica orizzontale.....	25
9.	PARTE 3: MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI .....	30
9.1	Rilievi, capisaldi e tracciati .....	30
9.2	Demolizioni, fresature e rimozioni .....	30
9.3	Scavi in genere .....	32
9.4	PALI .....	35
9.5	STABILIZZAZIONE DEL PIANO DI IMPOSTA DELLE PAVIMENTAZIONI .....	37
9.6	Riempimenti di Scavi e Formazione di Rilevati.....	47
9.7	Strato di Fondazione in misto granulare non legato .....	58
9.8	Strato di sottobase in misto cementato confezionato in centrale .....	62
9.9	Pavimentazione in conglomerato bituminoso .....	67
9.10	Produzione di conglomerati bituminosi a caldo e posa in opera .....	90
9.11	Strato di usura in conglomerato bituminoso aperto (Open Grade).....	106
9.12	Lastre in conglomerato cementizio .....	114
9.13	Tubazioni.....	130
9.14	pozzetti, canalette, cordonature, manufatti.....	132
9.15	Segnaletica orizzontale .....	136
10.	PARTE 4: NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DELLE OPERE .....	139
10.1	Norme tecniche per la misurazione delle opere .....	139

## 1. PREMESSA

La presente relazione afferisce al Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione del “Nuovo Piazzale di Sosta Aeromobili a Nord della Runway - RWY 06-24”, presso l’Aeroporto Internazionale di Napoli Capodichino (LIRN) (sito).

La nuova infrastruttura di sosta sarà ubicata in adiacenza alla via di rullaggio TN (lato pista di volo) in corrispondenza agli hangar “Aeronavali” e, una volta completato, consentirà l’operatività di 4 aeromobili EASA Code “Charlie” UP to A 321NEO.

Nella figura seguente è riportato il layout finale dell’opera:

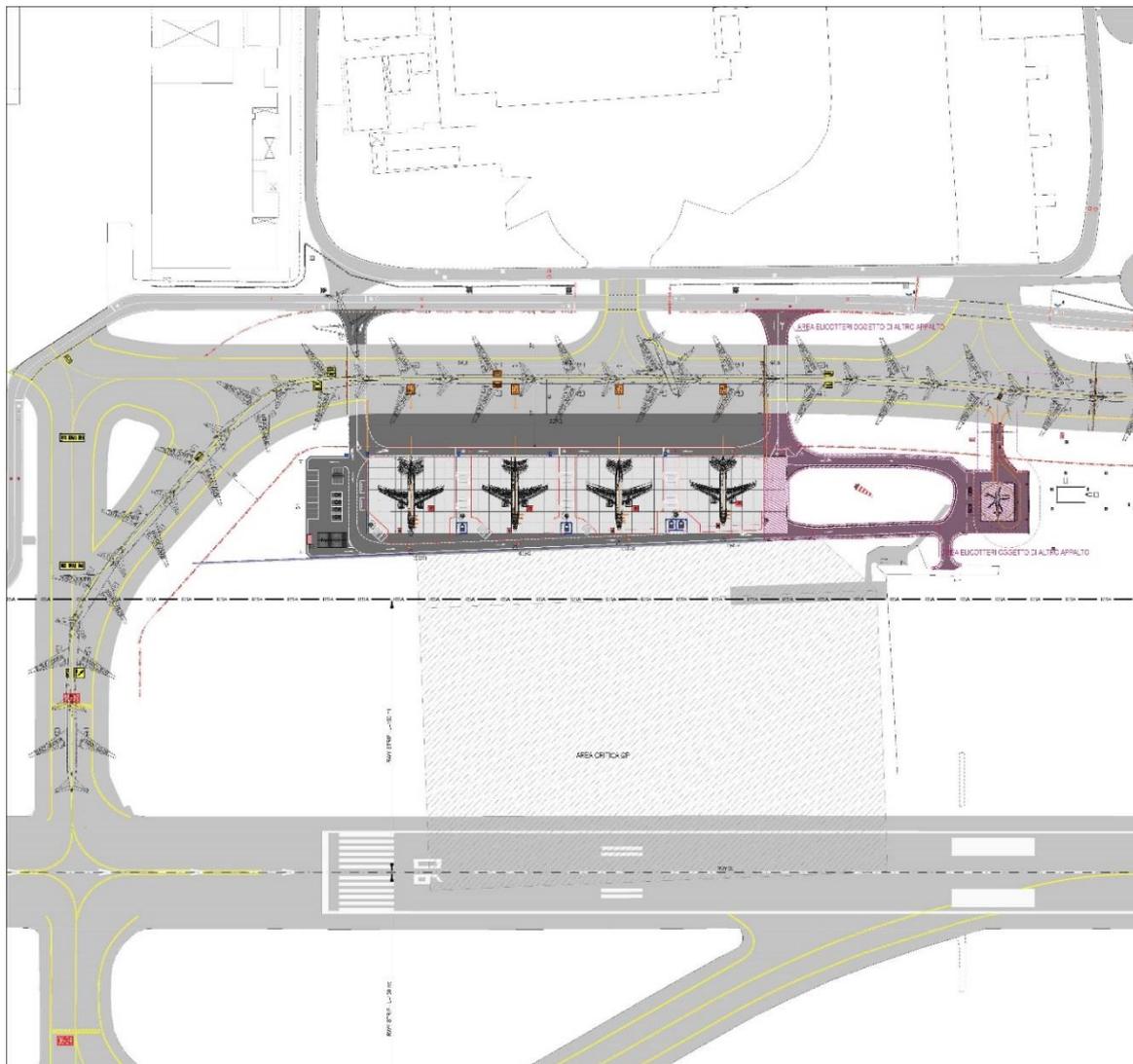


Figura 1 - Planimetria del Nuovo Piazzale Aeromobili

Le infrastrutture correlate al nuovo piazzale si svilupperanno su una estensione complessiva di circa 19.305 (di cui 1.169 mq realizzati con l’Appalto “Nuova Piazzola Elicotteri”) mq possono così sintetizzarsi:

- Realizzazione di nuove pavimentazioni flessibili per circa 8.444 mq, adibita alla circolazione degli aeromobili da/per gli stands di sosta e per la circolazione dei mezzi di sottobordo. Si evidenzia che quota della superficie indicata, ovvero 665 mq, è realizzata con l’Appalto della “Nuova Piazzola Elicotteri”;

- Realizzazione di pavimentazione flessibile per circa 1.285 mq per la nuova area dei mezzi di rampa;
- Realizzazione di pavimentazione di tipo rigido in lastre di clacestruzzo (JPCP) per circa 9.576 mq, per la realizzazione della zona di sosta degli aeromobili. Si evidenzia che quota della superficie indicata, ovvero 504 mq, è realizzata con l'Appalto della "Nuova Piazzola Elicotteri";
- Realizzazione di un nuovo sistema di drenaggio per la captazione e lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma, mediante canalette in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale F 900, collettori in PEAD, cunetta alla francese e fosso di guardia a monte del muro di sostegno;
- Realizzazione di una nuova cabina elettrica a servizio degli impianti previsti nel nuovo piazzale nord;
- Realizzazione, a partire dalla cabina elettrica di Via Maddalena, di un nuovo cavidotto MT con 4 tubi in PVC Diam. 200 per l'alimentazione della nuova cabina elettrica;
- Realizzazione, a partire dalla cabina elettrica di Via Maddalena, di un nuovo cavidotto BT con 2 tubi in PVC Diam. 160, a disposizione di future utilizzazioni;
- Realizzazione, a partire dalla cabina elettrica di Via Maddalena, di un nuovo cavidotto telematico con 2 tubi in PVC Diam. 160;
- Nuovo impianto di illuminazione del piazzale mediante realizzato con n° 4 torri faro alte 25 mt ubicate sul lato nord della viabilità perimetrale esistente, inoltre saranno installati n° 4 pali di illuminazione di supporto alti 8 mt in corrispondenza degli shelter impianti di piazzola. Il nuovo sistema di illuminazione sarà equipaggiato con luci al LED. Sono previste anche le opere civili quali cavidotti e pozzetti per la distribuzione BT dalla cabina elettrica;
- Nuovo impianto di videosorveglianza per il monitoraggio delle piazzole di sosta. Sono previste anche le opere civili quali cavidotti e pozzetti per la distribuzione BT dalla nuova cabina elettrica;
- Realizzazione delle luci di Lead-In ed impianto Advanced Visual Docking System (A-VDGS). Sono previste anche le opere civili (cavidotti e pozzetti per la distribuzione BT dagli shelter alloggiamento apparati ubicati sulle piazzole di sosta;
- Realizzazione di impianto per la distribuzione energia a 400Hz per ogni singolo stand mediante pozzetto attrezzato di tipo "pop-up". Sono previste le opere civili quali cavidotti e pozzetti dalla cabina elettrica agli shelters e da questi ultimi fino al pozzetto attrezzato ubicato in corrispondenza dello stand;
- Realizzazione di impianto per la distribuzione "Pre-Conditioned Air" – PCA - per ogni singolo stand mediante pozzetto attrezzato di tipo "hatch-pit". Sono previste le opere civili quali cavidotti e pozzetti dalla cabina elettrica agli shelters, e da questi ultimi le tubazioni per la distribuzione dell'aria fino ai pozzetti posti all'interno dello stand;
- Realizzazione di shelter alloggiamento impianti 400HZ e macchine PCA mediante perimetrazione dell'area con rete grigliata su basamento in cls alto 30 cm; struttura di protezione degli apparati 400Hz e quadro di controllo apparati;
- Realizzazione di una pensilina per il ricovero dei mezzi di rampa

## PARTE 1: PRESCRIZIONI TECNICHE DI CARATTERE GENERALE

### 2. 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.

In aggiunta a quanto detto si procederà anche alla demolizione di tutti quei manufatti, opere civili e impianti che troveranno una nuova configurazione ed organizzazione nel presente Progetto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite secondo le modalità stabilite nei corrispondenti articoli delle presenti Norme Tecniche, nel prosieguo di questo documento anche definite "Prescrizioni Tecniche" o "Capitolato", adoperando tutti gli accorgimenti atti a prevenire il danneggiamento delle pavimentazioni o delle strutture adiacenti.

Tutti i materiali di risulta delle demolizioni e delle scarifiche per i quali è previsto un reimpiego saranno caricati e trasportati all'impianto di cantiere, ubicato all'interno o all'esterno del sedime aeroportuale, dove, a cura e spese dell'Appaltatore, saranno frantumati (laddove necessario), vagliati, separati dalle parti non idonee per il loro successivo reimpiego e integrati delle frazioni terrose necessarie al riutilizzo.

Tali materiali di risulta saranno reimpiegati per la realizzazione delle infrastrutture in progetto, nel rispetto di quanto riportato nel prosieguo delle presenti Prescrizioni Tecniche. Ai fini dell'impiego al di fuori dei conglomerati bituminosi, prima dell'utilizzo dovranno essere sottoposti a test di cessione sul rifiuto tal quale come prescritto dal D.M. 05/02/1998 e successive modifiche e integrazioni. L'area di stoccaggio dei materiali riciclati dovrà essere predisposta con gli accorgimenti necessari alla messa in riserva del materiale demolito e dovrà essere realizzata secondo le prescrizioni di cui al D. Lgs. 03/04/2006, n. 152 (Testo Unico Ambientale) e successive modifiche e integrazioni. Tutti gli oneri sopra menzionati sono a cura e spese dell'Appaltatore e compensati con i prezzi di elenco.

I materiali non reimpiegati 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).

Rientra tra gli oneri dell'impresa ad ogni attività il preventivo rilievo dei sottoservizi presenti nell'area di intervento.

#### 2.1 Scavi

Gli scavi dovranno essere effettuati con impiego di attrezzature tradizionali quali pale meccaniche, escavatori ecc. adoperando tutti gli accorgimenti per prevenire il danneggiamento delle strutture adiacenti. Ogni eventuale danno causato all'esterno del perimetro delle aree di intervento dall'azione dei mezzi di demolizione alle strutture da non demolire dovrà essere riparato a cura e spese dell'Appaltatore.

I trasporti all'interno dell'area aeroportuale dovranno essere effettuati con mezzi rispondenti alle specifiche emanate dall'ENAC e dall'Ente Gestore dell'infrastruttura.

La movimentazione dei mezzi d'opera all'interno del sedime aeroportuale dovrà avvenire utilizzando l'esistente viabilità di servizio. La circolazione dovrà sempre dare la precedenza al transito dei mezzi di servizio dell'aeroporto.

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.

Le modalità generali di esecuzione degli scavi, eseguiti al fine di raggiungere le quote di fondo prestabilite, sono contenute nelle presenti Norme Tecniche.

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.

## 2.2 Preparazione del piano di posa

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'Impresa effettuerà tutte quelle lavorazioni idonee a garantire che il piano di imposta risulti quanto più possibile regolare, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno delle acque.

Completate le operazioni di sistemazione e livellamento del fondo scavo, l'Appaltatore dovrà compattare, al 95% della massa volumica del secco massima AASHTO modificata (Norma UNI EN 13286-2), il piano di posa del rilevato stradale con mezzi idonei ad assicurarne l'addensamento per la profondità di 30 cm richiesta.

Per facilitare le operazioni di compattazione del fondo scavo, potrà risultare opportuno stendere un primo strato del materiale di riempimento, secondo le valutazioni e indicazioni che in corso d'opera fornirà la Direzione Lavori in relazione all'effettivo comportamento dei materiali e delle caratteristiche dei mezzi di costipamento impiegati dall'Impresa.

La determinazione del secco in sito sarà effettuata con il metodo del volumometro a sabbia come da procedura indicata nella norma CNR B.U. n. 22/72; la frequenza delle prove di controllo da eseguirsi sarà stabilita dalla Direzione dei Lavori. Il valore di riferimento della densità massima sarà quello determinato nel corso delle prove di accertamento eseguite in sede progettuale e allegate al progetto esecutivo, salvo più precisa determinazione eseguita in corso d'opera su indicazione della Direzione Lavori su campioni e prove di laboratorio all'uopo effettuate.

A richiesta e secondo la frequenza indicata dalla Direzione Lavori, completate le operazioni di compattazione del piano di imposta, sullo stesso potranno essere eseguite delle prove per la determinazione del modulo di deformazione  $M_d$  secondo la norma CNR B.U. n. 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra 0,05 e 0,15 N/mm<sup>2</sup>; i valori di  $M_d$  ottenuti dovranno risultare compresi tra 20 N/mm<sup>2</sup> e 30 N/mm<sup>2</sup>.

## 2.3 Lavori di pavimentazione

Completate le lavorazioni ora descritte, si procederà alla costruzione delle pavimentazioni. Gli spessori sono indicati negli elaborati di progetto mentre le prescrizioni sono indicate nei corrispondenti articoli delle presenti Prescrizioni Tecniche.

In considerazione della differente tipologia di interventi previsti (riqualifica di pavimentazioni esistenti o loro nuova realizzazione), della natura delle pavimentazioni esistenti da riqualificare (rigide, semirigide e flessibili), della specifica utilizzazione (strati superficiali o profondi di aree pavimentate portanti o di fasce antipolvere) e dell'esigenza di reimpiegare all'interno dell'appalto i materiali provenienti dalle demolizioni, il presente progetto prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso di tipo modificato confezionato con aggregati naturali;
- Strato in conglomerato bituminoso "open grade" intasato con malta iperfluida;
- Strato di binder in conglomerato bituminoso di tipo modificato confezionato con aggregati naturali;

- Strato di base in conglomerato bituminoso di tipo tradizionale confezionato con aggregati naturali;
- Strato in in misto cementato confezionato con materiale con aggregati naturali;
- Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato meccanicamente confezionato con materiale con aggregati naturali;
- Strato di riempimento confezionato con materiale idoneo eventualmente integrato con materiale proveniente dalle demolizioni di pavimentazioni: fresato, misti stabilizzati e calcestruzzo.

Gli strati di ancoraggio degli strati di base e binder sono previsti con emulsioni bituminose con bitume normale mentre quello dello strato d'usura con emulsione bituminosa con bitume modificato.

L'ammorsamento tra la nuova e la vecchia pavimentazione dovrà avvenire secondo i dettagli previsti negli elaborati di progetto.

#### 2.4 Idraulica

L'appaltatore è tenuto a prendere le misure necessarie ad assicurare un efficace smaltimento delle acque meteoriche sui tratti di pavimentazione interessati dai lavori in oggetto.

Per assicurare il drenaggio delle acque meteoriche nelle aree oggetto di intervento, l'Appaltatore dovrà porre in opera dei nuovi fognoli grigliati. Le canalette laterali di raccolta saranno riconnesse (mediante pozzetti di raccolta ed ispezione), alle dorsali di scarico, che provvedono alla immissione delle acque meteoriche raccolte nei canali ricettori.

Per il corretto trattamento e regimentazione delle acque meteoriche prima del successivo scarico nei punti di recapito, saranno realizzati tutti i manufatti così come indicato nei disegni di progetto: vasche di prima pioggia, disoleatore, stazioni di rilancio, ecc.

Nelle aree indicate nei disegni di progetto dove sono presenti dei fognoli di raccolta delle acque meteoriche dotati in copertura di elementi in calcestruzzo o in acciaio, per effetto dell'adeguamento delle quote finite della pavimentazione si rende necessario che l'Appaltatore provveda ad adeguare in quota anche i fognoli medesimi, provvedendo nel contempo anche alla sostituzione di detti elementi di copertura con idonee griglie in ghisa sferoidale, secondo le prescrizioni riportate delle presenti Prescrizioni Tecniche.

Analoga lavorazione di adeguamento in quota interesserà gli esistenti fognoli di tipo asolato.

#### 2.5 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.

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

La segnaletica di progetto dovrà essere conforme alle indicazioni del:

- Regolamento dell'ENAC (Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti – Edizione 2 del 21 ottobre 2003 – emendamento 9 del 23/10/2014);
- Circolare ENAC APT-24 – Segnaletica Orizzontale per “Manuale della segnaletica orizzontale per i piazzali sosta aeromobili” – Ed. 1 del 28/07/2006.

## 2.6 Demolizione mediante scarifica di pavimentazioni esistenti in conglomerato bituminoso

La fresatura delle superfici deve essere eseguita con idonee attrezzature, all'interno delle aree di intervento.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di pavimentazione indicati nelle tavole di progetto. Lo spessore effettivo di CLB che l'Appaltatore dovrà fresare è indicato, in corrispondenza delle diverse sezioni trasversali dello stato attuale dove è stato rappresentato l'effettivo pacchetto di pavimentazione scaturito dalle risultanze delle carote effettuate e indicate all'interno della Relazione Generale di Progetto

L'Impresa dovrà provvedere alla pulizia della superficie risultante.

Durante le lavorazioni tutti i materiali da demolizione, previa opportuna caratterizzazione saranno caricati e trasportati all'esterno del sedime aeroportuale presso discarica autorizzata al ricevimento del tipo del materiale o centro di trattamento.

## 2.7 Realizzazione di nuove pavimentazioni flessibili

Gli interventi previsti in progetto prevedono la realizzazione di pavimentazioni flessibili, con strati di spessore indicato negli elaborati grafici di progetto.

Gli strati in conglomerato bituminoso prevedono l'impiego di materiali tradizionali legati con bitume normale per la realizzazione della base e materiali con bitume modificato per il binder e lo strato di usura.

## 3. ESECUZIONE DEI LAVORI PER FASI IN ORARIO DIURNO

Le lavorazioni del presente appalto che ricadono all'esterno della "clearance – L=37,00 mt" della via di rullaggio TN saranno previste in orario diurno a valle delle interdizioni al traffico aereo dei tratti di taxiway "TN" interessato dalle lavorazioni di Appalto effettuata con specifico NOTAM.

Nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore è tenuto a sviluppare gli stessi per fasi, così come dettagliatamente indicato negli elaborati di progetto.

Nel presente progetto è previsto un cronoprogramma di realizzazione dei lavori. Tale programma va considerato come indicativo della natura dei vincoli e dei condizionamenti che potranno derivare all'organizzazione del cantiere e/o all'andamento della produzione delle singole lavorazioni. L'Appaltatore è tenuto a considerare le previsioni progettuali come indicative e riportate 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 previsto negli elaborati del presente progetto subisca all'atto esecutivo variazioni, di qualsiasi entità esse risultino.

## 4. ESECUZIONE DEI LAVORI PER FASI IN ORARIO NOTTURNO

Le lavorazioni che ricadono internamente alla "clearance – L=37,00 mt" della via di rullaggio TN dovranno essere effettuate in orario notturno.

Nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore è tenuto a sviluppare gli stessi per fasi, così come dettagliatamente indicato negli elaborati di progetto.

Nel presente progetto è previsto un cronoprogramma di realizzazione dei lavori. Tale programma va considerato come indicativo della natura dei vincoli e dei condizionamenti che potranno derivare all'organizzazione del cantiere e/o all'andamento della produzione delle singole lavorazioni. L'Appaltatore è tenuto a considerare le previsioni progettuali come indicative e riportate 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 previsto

negli elaborati del presente progetto subisca all'atto esecutivo variazioni, di qualsiasi entità esse risultino.

## **5. VARIABILITÀ DELLE CARATTERISTICHE COMPOSITIVE DELLE PAVIMENTAZIONI DA RIQUALIFICARE**

In aggiunta a quanto illustrato nel punto 2 precedente, si ribadisce che le misure degli spessori da demolire, fresare o scavare delle pavimentazioni esistenti sono stati determinati sia alla luce delle informazioni acquisite durante le campagne di indagini sperimentali effettuate in occasione della redazione del PMS (Pavement Management System) dell'Aeroporto di Napoli Capodichino sia e soprattutto alla luce delle risultanze della campagna integrativa di prove in sito effettuate preliminarmente alla redazione del Progetto Esecutivo.

La tipologia di prove e le risultante delle stesse vengono rappresentate nel dettaglio all'interno della Relazione Geologica, Geotecnica e Generale di progetto a cui si rimanda.

L'Impresa Appaltatrice deve considerare le indicazioni quantitative espresse in progetto come quantità soggette a variabilità e deve tenerne conto nella formulazione dell'offerta.

Resta intesa che, fatti salvi gli spessori indicati negli elaborati grafici di progetto, che devono essere intesi come valori minimi, le operazioni di demolizione dovranno comunque prevedere tutti gli eventuali necessari incrementi degli spessori di intervento in modo tale da garantire l'eliminazione completa di tutti gli eventuali strati o porzioni di pavimentazione che, a seguito delle demolizioni e fresature risultassero slentati o non aderenti al corpo della pavimentazione che il progetto prevede di lasciare in opera.

L'effettiva profondità a cui spingere le demolizioni e la fresatura dovrà essere verificata ed approvata dalla DL.

Resta altresì inteso che gli spessori dei nuovi strati di fondazione o di base dovranno essere variati oltre quanto previsto dal progetto in relazione alla effettiva profondità a cui sono arrivati gli interventi di demolizione o fresatura.

Gli oneri conseguenti a quanto sopra restano, come sopra detto, a totale cura e carico dell'impresa.

## **6. INTERVENTI COSTRUTTIVI IN PRESENZA DI TRAFFICO AEROPORTUALE**

Come specificato nel paragrafo precedente i lavori per la realizzazione della nuova piazzola elicotteri, prevedono lavorazioni:

- esterne alle Strip di RWY e TWY TN e pertanto sono state previste soltanto lavorazioni durante la fascia diurna in concomitanza con le attività operative aeroportuali;
- interne alle aree operative delle Strip di RWY e TWY TN e pertanto sono state previste soltanto lavorazioni durante la fascia notturna;

Durante l'orario di apertura dell'aeroporto si prevede pertanto l'interruzione di porzioni della Taxiway "TN" compreso tra i raccordi "H" ed "L". Tutta la segnaletica di chiusura delle parti non disponibili della Taxiway sono indicate negli allegati grafici al PSC (elaborati codificati SAF), in accordo con quanto indicato nel capitolo 7 del Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti dell'ENAC (Regolamento ENAC).

Tutte le suddette limitazioni dovranno essere, comunque, preliminarmente verbalizzate e notificate a tutti gli operatori aeroportuali attraverso l'emissione di specifiche NOTAMs (Notice to Airmen) da parte dell'Autorità aeroportuale con congruo anticipo rispetto all'inizio delle operazioni di cantiere.

Si dovrà, altresì, assicurare che gli accumuli di terreno o materiale naturale o frantumato, proveniente dagli scavi, non superino mai 1.50 m di altezza dal suolo e che vengano subito portati nell'area di stoccaggio materiali indicata nella tavola allegata al PSC. All'interno della predetta area di stoccaggio i



cumuli dovranno essere protetti da teli atti a trattenere elementi fini al fine di evitare fenomeni di depolverizzazione dovuti al vento.

Per lo stesso motivo, le operazioni di scavo e/o rinterro potranno essere sospese dall'Autorità aeroportuale in caso di vento forte, tale da compromettere la pulizia dei piani viabili, oppure ricorrere ad innaffiamento continuo a mezzo di autocisterna.

In ogni caso, qualunque sia la distanza dell'area di lavoro dalle piste di circolazione e l'orario di esecuzione dei lavori stessi, dovranno essere sempre garantiti adeguati contatti radio tra la torre di controllo ed il Responsabile di cantiere, su di una specifica frequenza all'uopo dedicata, impiegando apparecchi ricetrasmittenti regolarmente omologati.

Uno specifico coordinamento tra la torre di controllo ed il Responsabile di cantiere, durante le lavorazioni è necessario per garantire l'evacuazione dell'area lavorativa in caso di emergenza. A tal proposito sarà necessario:

- Torre di controllo: Avvisare il Responsabile del cantiere al passaggio di ogni aeromobile transitante nel raccordo E in direzione Apron con congruo anticipo;
- Responsabile di Cantiere: Assicurare l'evacuazione di uomini e mezzi in luogo sicuro;

Tutte le comunicazioni tra Torre di controllo e Responsabile di cantiere saranno concordate e standardizzate nelle riunioni di coordinamento preventive ed in fase di esecuzione dei lavori.

## **7. GERARCHIA DEI DOCUMENTI DI PROGETTO**

Ferma restante la priorità del Capitolato Speciale d'Appalto (Norme Generali e Norme Tecniche) su qualunque altro documento progettuale, qualora si dovessero rilevare contrasti interpretativi per discordanza tra i vari documenti costituenti il contratto, essi avranno prevalenza nell'ordine in cui sono citati nel documento "Elenco Elaborati" 01 ATE 101 Capitolato speciale d'appalto - Parte tecnica

## **8. PARTE 2: MATERIALI IN GENERE**

### **8.1 Requisiti dei materiali e delle forniture**

I materiali, le forniture, la loro posa in opera e confezione, dovranno corrispondere alle prescrizioni di legge ed a quelle del presente Capitolato.

Essi inoltre dovranno rispondere alle norme e prescrizioni dei relativi Enti di unificazione e normazione (UNI, CEI, EN, ISO, ecc.), 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 sostituita.

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

La Committente si riserva la 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. In tal caso si dovrà provvedere a rimuovere dal cantiere le forniture ed i materiali rifiutati e alla loro sostituzione con altri idonei.

#### **8.1.1 Acqua**

L'acqua d'impasto e per assimilazione quella utilizzata nella lavorazione di terra e materiali per pavimentazioni deve essere conforme alla 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".

#### **8.1.2 Cemento**

I leganti idraulici dovranno corrispondere alle caratteristiche tecniche ed ai requisiti dei leganti idraulici di cui alla Legge 26 maggio 1965, n. 595, alle nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi di cui al D.M. 13 Settembre 1993 pubblicato sulla G.U. n. 223 del 22 Settembre 1993, che recepisce la norma europea CEN ENV 197/1, e, per quanto non in contrasto con tale decreto, alle norme contenute nel Decreto Ministeriale 3 giugno 1968, al D.M. del 31 agosto 1972 relativo alle Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche, al D.M. 20 Novembre 1984 recante modificazioni al D.M. 3 Giugno 1968, nonché al D.M. 14-1-2008 relativo alle Norme tecniche per le Costruzioni.

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 e la marcatura CE. 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.

Il cemento tipo I (Portland) ordinario con classe di resistenza 42,5 potrà essere impiegato per il confezionamento di qualsiasi tipo di calcestruzzo che non debba restare a contatto con acque e ambienti aggressivi, con acque solfatiche o di mare. In tali ambienti dovranno essere impiegati cementi poveri in calce e preferibilmente quelli di tipo II (pozzolanico) o III (d' altoforno) sempre con classe di resistenza 42,5.

Il cemento deve garantire un tempo di presa alla temperatura di riferimento di 30 °C non inferiore a 2 ore e avere un valore di Blaine inferiore a 4200 cm<sup>2</sup>/g.

#### **8.1.3 Additivi per calcestruzzi**

Gli additivi devono essere conformi alle Norme UNI EN 934, 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, 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+ (marcatatura rilasciata da ente terzo).

La quantità massima di additivo da aggiungere durante il confezionamento del calcestruzzo non deve essere superiore al 5% in massa del contenuto di cemento, in accordo con la norma UNI 934-2.

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 3 l/m<sup>3</sup>.

Dosaggi di additivi inferiori a 2 g/kg di cemento richiedono la preventiva dispersione del prodotto in una parte dell'acqua di impasto. Gli additivi aeranti devono essere aggiunti al calcestruzzo nel miscelatore in soluzione con l'acqua di impasto.

#### **8.1.4 Aggiunte**

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

L'impiego nelle miscele di aggiunte è consentito purché in quantità tali da non pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature.

Le ceneri volanti impiegate dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 450. Quando l'aggiunta avvenga in sostituzione del cemento la percentuale di ceneri non dovrà superare il 20% del peso totale ceneri più cemento.

Le prestazioni dei calcestruzzi confezionati con l'aggiunta di ceneri volanti o altre aggiunte di tipo II (Norma UNI 9858), sia allo stato fresco che indurito, vanno verificate nel corso della fase di qualifica delle miscele.

#### **8.1.5 Aggregati per calcestruzzi**

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR 246/93 è indicato nella Tab. 11.2.II. contenuta nell'art. 11.2.9.2 del DM 09 gennaio 1996 recante "Norme tecniche per le costruzioni" emesso ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del D.L. 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii. (d'ora in poi DM 14 gennaio 2008).

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo devono avere caratteristiche conformi a quelle previste dalla norma UNI 8520 Parte 1 o successiva modifica/sostituzione.

In caso di fornitura di aggregati da parte di azienda dotata di Sistema di Qualità certificato secondo le norme UNI EN ISO 9000 saranno ritenuti validi i risultati delle prove effettuate dall'Azienda. Nel caso di impianto non certificato, prima dell'inizio dei getti l'Appaltatore deve presentare alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, gli studi di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo previste negli elaborati progettuali. La documentazione deve indicare per gli aggregati il tipo, la provenienza e le caratteristiche, nonché lo studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo.

Non sono accettati aggregati potenzialmente reattivi agli alcali presenti nella miscela.

Per la realizzazione di calcestruzzi con classi di resistenza maggiori di C12/15, gli aggregati devono appartenere ad almeno tre classi granulometriche differenti. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione può essere dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Le classi granulometriche devono essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco ed indurito abbia i necessari o prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro ed acqua essudata. La curva granulometrica da adottare deve essere quella che garantisce, in relazione al dosaggio di cemento, la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Per aggregati con diametro massimo maggiore di 4 mm, le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non devono sovrapporsi per più del 15%; il diametro inferiore di una frazione deve essere sempre minore o uguale al diametro superiore della frazione immediatamente precedente.

Gli aggregati devono essere disponibili in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di deposito deve essere di capacità adeguata a consentire lo stoccaggio senza commistione delle diverse pezzature. Gli aggregati devono essere prelevati in modo da garantire la rotazione dei volumi stoccati.

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III contenuta sempre nel summenzionato art. 11.2.9.2., a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio.

Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

### **8.1.6 Conglomerato cementizio**

#### **Generalità**

Le indicazioni riportate nelle seguenti specifiche si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione della Legge 5/11/1971 n. 1086.

Il calcestruzzo dovrà essere a prestazione garantita come definito dalla norma UNI 9858. Pertanto la classificazione sarà effettuata specificando i seguenti parametri:

categoria del calcestruzzo: potrà essere non strutturale oppure ordinario, in funzione delle classi di resistenza del calcestruzzo (vedi Tabella 1);

tipologia strutturale: potrà essere non armato, armato o precompresso;

classe di resistenza: viene espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore di resistenza al di sotto del quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza. Per indicare la classe di resistenza si utilizza la simbologia Cxx/yy dove xx indica il valore della resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck}$ , ed yy il valore della resistenza caratteristica cubica  $R_{ck}$ , entrambi espressi in N/mm<sup>2</sup>.

Tabella 1 - Classi di resistenza del calcestruzzo

CLASSE RESISTENZA	DI	F <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	R <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	CATEGORIA DEL CALCESTRUZZO
C8/10		8	10	NON STRUTTURALE
C12/15		12	15	
C16/20		16	20	ORDINARIO
C20/25		20	25	
C25/30		25	30	
C30/37		30	37	
C35/45		35	45	
C40/50		40	50	
C45/55		45	55	

La resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck}$  viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza; la resistenza caratteristica cubica  $R_{ck}$  viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cubi di 150 mm di lato, per aggregati con diametro massimo fino a 32 mm, o di 200 mm di lato per aggregati con diametro massimo maggiore;

classe di esposizione ambientale: per ambiente si intende l'insieme delle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni termiche. Le classi di esposizione ambientale sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 2 - Classi di esposizione ambientale

CLASSE DI ESPOSIZIONE	AMBIENTE DI ESPOSIZIONE
1	SECCO
2a	UMIDO SENZA GELO
2b	UMIDO CON GELO
3	UMIDO CON GELO E SALI DISGELANTI
4a	MARINO SENZA GELO
4b	MARINO CON GELO
5a	DEBOLMENTE AGGRESSIVO
5b	MODERATAMENTE AGGRESSIVO
5c	FORTEMENTE AGGRESSIVO

classe di consistenza: serve per definire la lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma. La classificazione della consistenza del calcestruzzo si ottiene attraverso il metodo di abbassamento del cono:

Tabella 3 - Classi di consistenza del calcestruzzo

CLASSE DI CONSISTENZA	ABBASSAMENTO (mm)	DENOMINAZIONE CORRENTE
S1	DA 10 A 40	UMIDA
S2	DA 50 A 90	PLASTICA
S3	DA 100 A 150	SEMIFLUIDA
S4	DA 160 A 210	FLUIDA
S5	OLTRE 210	SUPERFLUIDA

rapporto acqua/cemento: la quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Qualora l'impianto di produzione non sia certificato, il rapporto acqua/cemento di ciascuna miscela deve essere controllato, anche in Cantiere, con le modalità previste dalla norma UNI 6393; il rapporto a/c non deve discordarsi di +0,04 dal valore verificato in fase di qualificazione della relativa miscela. Si riporta di seguito una tabella che definisce, per ogni classe di esposizione, il rapporto a/c massimo e la resistenza caratteristica cubica minima:

Tabella 4 - Rapporto a/c massimo e resistenza R<sub>ck</sub> minima per classe di esposizione ambientale

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	RAPPORTO a/c MASSIMO	R <sub>ck</sub> MINIMA (N/mm <sup>2</sup> )
1	0,65	25
2a	0,60	30
2b/5a	0,55	37
3/4a/4b/5b	0,50	40
5c	0,45	45

tipo, classe e contenuto minimo di cemento: le miscela per calcestruzzo ordinario non devono presentare un contenuto di cemento inferiore a 280 kg/m<sup>3</sup>. La definizione di soglia minima per il dosaggio di cemento risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile;

dimensione massima nominale degli aggregati: deve essere scelta in funzione dei valori di copriferro e interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera utilizzati

per la compattazione dei getti. La dimensione massima nominale dell'aggregato non deve comunque essere maggiore dei seguenti valori:

- un quarto della dimensione minima dell'elemento strutturale;
- la distanza tra le singole barre di armatura o tra gruppi di barre di armatura (interferro) diminuita di 5 mm;
- lo spessore del copriferro aumentato del 30%;

copriferro nominale: la definizione di un idoneo copriferro è necessaria per preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale. Il suo valore, misurato dalla parete interna del cassero e la superficie dell'armatura metallica più vicina, individua il copriferro nominale; questo è la somma del copriferro minimo e della tolleranza di posizionamento che per strutture gettate in opera non deve essere minore di 5 mm. Il copriferro minimo varia in funzione della classe di esposizione ambientale, come riportato nella tabella seguente:

Tabella 5 - Copriferro minimo e classi di esposizione

AMBIENTE	CLASSE DI ESPOSIZIONE	COPRIFERRO MINIMO (mm)
SECCO	1	15
UMIDO SENZA GELO	2a	20
UMIDO CON GELO	2b	30
UMIDO CON GELO E SALI DISGELANTI	3	
MARINO SENZA GELO	4a	
MARINO CON GELO	4b	
DEBOLMENTE AGGRESSIVO	5A	
MODERATAMENTE AGGRESSIVO	5b	40
FORTEMENTE AGGRESSIVO	5c	

## 8.2 Ferri di armatura in acciaio

### 8.2.1 Normativa di riferimento degli acciai per cemento armato

Si fa riferimento a tutta la normativa nazionale ed europea attualmente vigente ed alle norme tecniche degli enti unificatori e normativi. In particolare si segnalano le seguenti norme:

- D.M. 14/1/2008 — "Applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Legge 5/11/1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica;

- Circolare LL.PP. 14/2/1974 n. 11951 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni applicative;
- Circolare LL.PP. 15/10/1996 n. 252 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9/1/1996;
- Circolare LL.PP. 31/7/1979 n. 19581 - Legge 5/11/1971 n. 1086, articolo 7 – Collaudo statico;
- Circolare LL.PP. 1/9/1987 n. 29010 - Legge 5/11/1971 n. 1086 - D.M. 27/7/1985 - Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare;
- Circolare LL.PP. 29/10/1987 n. 29233 - Legge 5/11/1971 n. 1086, articolo 20 - Autorizzazioni laboratori per prove sui materiali;
- UNI 6407 - Ferro in barre per cemento armato strutturale - o successive modifiche/sostituzioni;
- UNI 8927 - Reti e tralici elettrosaldati di acciaio per cemento armato strutturale - o successive modifiche/sostituzioni.

### **8.2.2 Caratteristiche degli acciai per cemento armato**

L'armatura del conglomerato deve essere normalmente costituita da tondini di acciaio normale o ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento secondo le indicazioni delle Norme Tecniche vigenti o in rete elettrosaldata delle caratteristiche precisate negli elaborati di progetto. Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio devono corrispondere esattamente alle indicazioni delle Norme Tecniche vigenti.

## **8.3 Casseforma ed armature di sostegno**

### **8.3.1 Casseforma**

Le casseforme e le relative armature di sostegno devono essere sufficientemente rigide per resistere, senza apprezzabili deformazioni, al peso della costruzione, ai carichi accidentali di lavoro ed alla vibrazione o battitura del conglomerato. Le superfici interne delle casseforme devono presentarsi lisce, pulite e senza incrostazioni di sorta; il potere assorbente delle stesse deve essere uniforme e non superiore a 1g/m<sup>2</sup>h (misurato sotto battente di acqua di 12 mm.), salvo diversa prescrizione.

I giunti delle casseforme devono essere eseguiti in modo da evitare sbradolamenti, non soltanto tra i singoli elementi che costituiscono i pannelli, ma anche attraverso le giunzioni verticali ed orizzontali dei pannelli stessi. Nei casseri dei pilastri si deve lasciare uno sportello al piede, per consentire la pulizia alla base che assicuri un'efficace ripresa e continuità del getto.

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano comunque pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo indurito.

### **8.3.2 Disarmanti**

Si deve far uso di prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866; devono essere disposti in strati omogenei continui tali da non macchiare la superficie a vista del calcestruzzo. Su tutte le casseforme di una stessa opera deve essere usato lo stesso prodotto. E' assolutamente vietato usare come disarmanti lubrificanti di varia natura o oli esausti.

Se per ridurre il numero di bolle d'aria sulla superficie del getto sono impiegate casseforme impermeabili, si deve far uso di disarmante con agente tensioattivo o sotto forma di emulsioni pastose in quantità controllata; la vibrazione deve essere contemporanea al getto.

Qualora sia prevista la realizzazione di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti deve essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore del calcestruzzo.

#### 8.4 Geotessile con funzioni di anticominazione

Il materiale di cui dovrà farsi impiego sarà un non-tessuto in fibre 100% polipropilene, a fil continuo "Spun Bonded" stabilizzato ai raggi UV, coesionato per semplice aguglia tura meccanica, con esclusione di collanti e di termotrattamento di qualsiasi natura.

L'impiego di tali tappeti è previsto per il rivestimento del fondo scavo; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Massa aerea (EB 965): > 200 g/mq
- CBR – resistenza al punzonamento (EN-ISO 12236): > 2300 N
- Resistenza a trazione (EN-ISO 10319): > 15 kN/m
- Allungamento a rottura: 40/100%

I vari elementi di geotessile dovranno essere sovrapposti tra loro per una larghezza di almeno 50 cm in modo da formare, al finito, un elemento di rivestimento unico. I geotessili da impiegare dovranno essere caratterizzati dalla tossicità, inattaccabilità dagli acidi, dalle basi naturali del terreno e dai batteri.

#### 8.5 Geotessile con funzioni filtranti

Il materiale di cui dovrà farsi impiego sarà un non-tessuto in fibre 100% polipropilene, a filo continuo "Spun Bonded" stabilizzato ai raggi UV, coesionato per semplice agugliatura meccanica, con esclusione di collanti e di termotrattamento di qualsiasi natura.

L'impiego di tali geotessili è previsto per la realizzazione dei drenaggi sub-superficiali. Esso dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Massa aerea (EB 965): > 150 g/mq
- CBR – resistenza al punzonamento (EN-ISO 12236): > 1750 N
- Resistenza a trazione (EN-ISO 10319): > 11,5 kN/m
- Allungamento a rottura: 100 l/mq/sec

I vari elementi di geotessile dovranno essere sovrapposti tra loro per una lunghezza di almeno 50 cm in modo da formare al finito un elemento drenante e filtrante unico. Il geotessile da impiegare dovrà essere caratterizzato da tossicità, inattaccabilità dagli acidi, dalle basi naturali del terreno e dai batteri.

#### 8.6 Geocomposito di rinforzo di strati in conglomerato bituminoso

Il geocomposito sarà costituito da un geotessile non-tessuto a filo continuo 100% polipropilene "Spun Bonded" stabilizzato ai raggi UV ed accoppiato ad una griglia in fibra di vetro ad elevato modulo elastico.

Il geocomposito dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Resistenza a trazione longitudinale (EN-ISO 10319):  $\geq 100$  kN/m

- Resistenza a trazione trasversale (EN-ISO 10319):  $\geq 100$  kN
- Modulo elastico delle fibre di vetro:  $\geq 73.000$  MPa
- Allungamento a rottura (longitudinale/trasversale) (EN-ISO 10319): 3%
- Massa aerica (EN-ISO 9864): 430 gr/mq
- Maglia delle fibre di vetro: 23 x 23 mm
- Bitume impregnante: 1,1 Kg/mq

La denominazione del tipo e il numero di lotto devono essere stampati su ogni rotolo ripetendosi in maniera equidistante in conformità alla EN-ISO 10320.

Il fornitore deve provare che da parte del produttore viene applicato un sistema di garanzia della qualità conforme all'ISO 9001.

## 8.7 Leganti bituminosi

### 8.7.1 Bitume semi solido di base

I bitumi di base per uso stradale sono quelli di normale produzione con le caratteristiche indicate in Tabella 6 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi, nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; la DL si riserva anche la possibilità di rilevare le caratteristiche elencate nella seconda parte per meglio valutare l'affidabilità di impiego dei leganti.

**Tabella 6**

Bitume			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Tipo 50/70
Penetrazione a 25° C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	46-56
Punto di rottura (Fraass)	CNR43/74	°C	$\leq -8$
Solubilità	EN12592	%	$\geq 99$
Viscosità a 160 °C, $\gamma = 10$ s <sup>-1</sup>	PrEN 13072-2	Paxs	$\geq 0,15$
Valori dopo RTOFT	EN12607-1		
Volatilità	CNR54/77	%	$\leq 0,5$
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	$\geq 50$
Incremento punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	$\leq 9$

### 8.7.2 Bitume modificato

Il legante dovrà essere un bitume di tipo modificato, avente le caratteristiche indicate nella successiva Tabella 7. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che

ne modificano 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 CNR n. 81-1980.

**Tabella 7**

Bitume			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Tipo 50/70
Penetrazione a 25° C	EN1426, CNR24/71	Dmm	50-70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	CNR43/74	°C	≤ - 15
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10 \text{ s}^{-1}$	PrEN 13072-2	Paxs	≥ 0,2
Ritorno elastico a 25°C	EN13398	%	≥ 75%
Stabilità allo stoccaggio 3 gg a 180°C	EN13399	°C	≤ 0,5
Valori dopo RTOFT	EN12607-1		
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60
Incremento punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5

### 8.7.3 Emulsioni bituminose (cationiche non modificate) per mano di attacco

Le emulsioni bituminose possono essere impiegate come mano di attacco solo tra strati di sottobase, base e binder e devono avere le caratteristiche precisate nella Tabella 8.

**Tabella 8**

EMULSIONI BITUMINOSE (cationiche non modificate) per mano di attacco (EA)			
caratteristiche	unità di misura	Emulsioni a rapida rottura	Emulsioni a media velocità di rottura
contenuto d'acqua	% in peso	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		2-5	2-5
caratteristiche del bitume estratto			
penetrazione a 25° C	dmm	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	≤ -8	≤ -8

### 8.7.4 Emulsioni bituminose con bitume modificato

Le emulsioni bituminose da impiegare per la realizzazione della mano di attacco tra binder e usura in conglomerato bituminoso con bitume modificato nonché dello strato anti-richiamo lesioni tipo SAMI dovranno essere costituite con bitume modificato ed aver le caratteristiche riportate nella seguente Tabella 9.

Tabella 9

EMULSIONI BITUMINOSE			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto d'acqua % peso	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di bitume + flussante	CNR 100/84	%	70±1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	>20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/84	%	<5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	Dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	>65

### 8.7.5 Attivanti di adesione (Dopes)

Gli attivanti di adesione hanno la funzione di modificare le caratteristiche superficiali degli aggregati rendendoli idrofobi e allo stesso tempo di aumentare l'adesione inerte/bitume.

Gli attivanti di adesione debbono essere impiegati nel caso si utilizzino aggregati ad elevato tenore in silice come quarziti, graniti ecc (per esempio porfido).

In generale gli attivanti di adesione danno vantaggi anche nel caso di lavorazioni eseguite in condizioni meteorologiche non favorevoli, con aggregati umidi, per pavimentazioni esposte a condizioni severe (temperature basse, frequente spargimento di sali fondenti ecc.).

Indicativamente si impiegano in ragione di 0,3 - 0,6 % in peso sul bitume a seconda della natura mineralogica dell'inerte, delle caratteristiche del legante (viscosità) e della miscela da realizzare.

In linea generale vanno aumentati per miscele aperte e/o bitumi a bassa viscosità e viceversa.

Gli attivanti possono essere dispersi nel bitume (preferibile) o spruzzati sugli aggregati.

I prodotti devono essere approvati dalla D.L. sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla D.L. le bolle di consegna.

### 8.7.6 Normative per la determinazione delle caratteristiche dei leganti bituminosi di cui ai punti precedenti

#### Bitumi semisolidi

Penetrazione	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraass	Normativa UNI EN 12593
Ritorno elastico	Normativa UNI EN 13398
Stabilità allo stoccaggio tube test	Normativa UNI EN 13399
Viscosità dinamica	Normativa UNI EN 13302 (Viscosimetro Rotazionale Brookfield)
Perdita per riscaldamento in strato sottile	Normativa UNI EN 12607-1

#### Emulsioni bituminose

Contenuto di bitume (residuo per distillazione)	Normativa UNI EN 1431
Contenuto d'acqua	Normativa UNI EN 1428
Grado di acidità	Normativa UNI EN 12850
Sedimentazione a 7 gg	Normativa UNI EN 12847.

### 8.8 Materiali inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti.

#### 8.8.1 Aggregato grosso (pezzature da 4 a 31,5 mm)

Per la definizione delle proprietà e delle caratteristiche degli aggregati grossi da impiegare nelle diverse miscele, si rinvia alle specifiche relative a ciascun materiale da posa in opera.

### 8.8.2 Aggregato fino (pezzature inferiori a 4 mm)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la UNI EN 933-8 dovrà essere superiore od uguale a 75, nel caso di impiego in strati di usura, ovvero superiore o uguale a 60 negli altri casi .

### 8.8.3 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
  - setaccio UNI 2 mm      passante in peso 100%
  - setaccio UNI n. 0,125      passante in peso 85 - 100%
  - setaccio UNI n. 0,063      passante in peso 70 - 100%
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12): NP
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1):  $\Delta R\&B > 5\%$

### 8.9 Tubi in PVC rigido

I materiali di cui dovrà farsi impiego saranno tubi in PVC rigido conformi alla norma UNI EN 1401-1, con contenuto minimo di PVC pari all'80% con rigidità anulare SN 8 kN/m<sup>2</sup>, per condotte di scarico interrate di acque civili e industriali, giunti a bicchiere con guarnizione elastometrica secondo UNI EN 681-1, contrassegnati ogni metro con marchio del produttore, diametro, data di produzione e marchio di conformità di prodotto IIP UNI e/o equivalente marchio rilasciato da organismo riconosciuto nell'ambito della comunità europea. Compensato nel prezzo, i pezzi speciali, in opera con relative giunzioni, escluso solo la formazione del letto di posa e del rinfranco in materiale idoneo.

### 8.10 Canaletta grigliata di drenaggio

Le canalette di drenaggio previste in progetto dovranno essere rispondenti alla norma UNI EN 1433 con classe di carico F900.

Gli elementi costituenti il corpo dell'opera saranno costituiti da monoblocchi di 5 metri di lunghezza con testate a incastro (maschio-femmina) per la tenuta stagna e con luce netta interna pari a 400mm e altezze pari a quelle riportate nel progetto. Questi saranno prefabbricati, realizzati in cemento armato vibrato, autoportante, preparato con calcestruzzo tipo C 28/35, classe di esposizione XC2 e cemento tipo CEM IV/A 42,5R.

Il fondo avrà forma a "V" autopulente per aumentare la velocità di deflusso e sarà risagomato con calcestruzzo magro tipo C 12/15 negli spessori e nei modi riportati negli elaborati grafici e finito in superficie con malta autolivellante dello spessore di 3 cm.

Tali elementi saranno posati su magrone di fondazione tipo C 12/15 dello spessore di 15 cm.

Il rinfranco sarà realizzato con calcestruzzo magro tipo C 16/20.

I dispositivi di chiusura saranno di classe F900 secondo la norma UNI EN 124 con serraggio griglia/telaio mediante 4 viti. Questi dispositivi dovranno essere realizzati in ghisa a grafite sferoidale con designazione EN-GJS-500-7 secondo la norma UNI EN 1563, in stabilimenti di produzione certificati ISO 9001 e ISO 14001.

Sia sul corpo canaletta che sulle griglie devono apparire le seguenti certificazioni:

- riferimento alla norma UNI EN 1433;
- classe di resistenza;
- simbolo CE;
- nome e/o marchio di identificazione dell'organizzazione produttrice e del fabbricante;
- l'indicazione univoca del luogo di fabbricazione;
- il tipo di canaletta di drenaggio (I oppure M);
- il grado di resistenza agli agenti atmosferici per il calcestruzzo armato;
- la data del lotto di produzione di ciascun elemento;
- il marchio di un ente di certificazione terzo legalmente riconosciuto.

Tali certificazioni dovranno essere riportate in maniera chiara e durevole e devono, dove possibile, essere visibili quando l'unità è installata.

Tutti i materiali utilizzati per la produzione e l'installazione delle canalette di drenaggio dovranno essere coperti da certificazione di conformità alle norme UNI EN (calcestruzzo, ghisa sferoidale, acciaio per barre da c.a., bulloni, acciai impiegati per piastre, resine e sigillanti, etc.).

L'organizzazione dovrà consegnare alla Direzione Lavori tutta la documentazione tecnica delle canalette di drenaggio comprovante la rispondenza geometrica e prestazionale dei prodotti (carpenterie, tavole strutturali, particolari costruttivi e relazione di calcolo e dei materiali secondo NTC 2008, firmate da professionista in possesso delle necessarie abilitazioni).

Al fine di garantire elevati standard prestazionali, tali prodotti dovranno essere realizzati secondo procedure di controllo della qualità. In tal senso è richiesto un duplice controllo:

- un controllo di qualità eseguito dal fabbricante/organizzazione;
- un controllo effettuato da terzi.

Il controllo di qualità eseguito dal fabbricante/organizzazione dovrà considerare per ciascun lotto almeno i seguenti aspetti:

- il controllo delle materie prime e degli elementi di produzione esterna;
- il controllo del processo produttivo degli elementi realizzati;
- il controllo degli elementi prodotti da subcontraenti;
- le prove ed i controlli sul prodotto finito;
- il controllo della marcatura;
- il controllo della movimentazione, stoccaggio, imballaggio e spedizione.

Per ognuno dei punti sopra elencati, l'organizzazione deve produrre una certificazione che dovrà indicare i criteri e le modalità applicate, oltre che il riferimento alle procedure/istruzioni operative, ai documenti operativi di registrazione e, per le operazioni di prova e controllo, anche all'indicazione delle apparecchiature utilizzate e delle frequenze di controllo e di prova.

Il piano della qualità dei subcontraenti deve essere approvato dall'organizzazione.

Il controllo effettuato da terzi sarà eseguito da un ente di certificazione indipendente, il quale riporterà i risultati sotto forma di relazione scritta firmata dal fabbricante/organizzazione e controfirmata dal Direttore dei Lavori per accettazione. Qualora il fabbricante/organizzazione non concordasse con tale relazione dovrà discuterne con l'ispettore e qualora non si arrivasse ad un accordo è comunque tenuto a firmarla comunicando le proprie riserve sulla stessa. Tale relazione dovrà essere stilata in accordo con l'appendice D della norma UNI EN 1433.

Propedeuticamente alla messa in opera degli elementi canaletta per intero, l'Appaltatore dovrà sottoporre al controllo visivo della Direzione Lavori almeno 1 campione in modo da evidenziare gli eventuali difetti.

Sempre propedeuticamente alla messa in opera di tali elementi l'Appaltatore dovrà inoltre fornire alla Direzione Lavori sia per i corpi che per le griglie tutta la seguente documentazione tecnica:

- certificato ISO 9001:2008 dello stabilimento di produzione con indicazione univoca del luogo di fabbricazione;
- certificato ISO 14001 dello stabilimento di produzione (sistema di gestione ambientale);
- il rapporto delle prove meccaniche previste dalla norma UNI/EN 1433, cronologicamente compatibili con la produzione dei materiali oggetto della fornitura (prova ad hoc sul lotto fornito);
- il rapporto della prova di carico sul singolo elemento griglia realizzato secondo quanto riportato al punto 8 della norma UNI EN 124 ma eseguito su n. 3 punti posti lungo l'asse della griglia con passo regolare rispetto alla sua lunghezza;
- analisi chimica e prove meccaniche eseguite sulla ghisa sferoidale conformemente alla UNI EN 1563 per la gradazione EN-GJS-500-7, cronologicamente compatibile con la produzione dei materiali oggetto della fornitura.

Durante la realizzazione dell'opera un laboratorio nominato dalla Direzione Lavori effettuerà ad onere e carico dell'Appaltatore controlli e prove sull'elemento canaletta completo di griglie al fine di verificarne la rispondenza alle caratteristiche prestazionali di cui alla norma UNI EN 1433. Tali oneri sono compresi e compensati nelle voci d'elenco pertanto l'Appaltatore sarà tenuto ad espletarli senza poter richiedere riconoscimenti aggiuntivi.

La viteria (n.4 viti per ogni griglia) sarà a testa cilindrica a esagono incassato conforme per caratteristiche dimensionali alla norma UNI 5931. Sarà dotata di filettatura metrica ISO a passo grosso e diametro pari ad M12.

Il materiale da utilizzare per il confezionamento della viteria sarà acciaio inox di classe A/4.

La lunghezza delle viti e della filettatura dovranno essere adeguati al complesso griglie telaio ed in grado di fornire il massimo ammorsamento disponibile giungendo prossimi al fine corsa e senza toccare il telaio sottostante.

Salvo diversa indicazione che possa arrivare dal montaggio del complesso griglia - telaio - vite, il serraggio dovrà essere effettuato con chiavi dinamometriche tarate ad una coppia di serraggio pari a 70 Nm.

Al fine di garantire un serraggio duraturo l'Appaltatore dovrà interporre tra la vite e il foro filettato del telaio l'utilizzo di un adesivo chimico "frena filetti" ad alta resistenza che eviti lo svitamento da vibrazione ma che permetta lo svitamento mediante chiave.

In corrispondenza degli innesti in entrata fra canaletta e pozzetto, questa dovrà entrare nel pozzetto in modo da evitare alle acque la fuoriuscita da eventuali giunti di costruzione. Ove tale possibilità possa verificarsi, si dovrà provvedere alla formazione di giunto water stop in connessione tra canaletta e pozzetto.

Tale accorgimento dovrà essere in generale adottato nelle zone interrato relative alle opere idrauliche e nelle riprese di getto. Il sistema da adottare, in presenza di armature di acciaio che renderebbero difficoltoso l'inserimento di altri tipi di water stop, è l'estrusione in opera di materiale espandibile a mezzo



di idonea pistola, che a contatto con l'acqua aumenti il proprio volume fino a rendere impermeabile il giunto.

Le caratteristiche tecniche del materiale dovranno essere le seguenti:

<b>Densità minima</b>	1,3 kg/dmc (+20°C)
<b>Velocità di polimerizzazione</b>	1 gg. 23°C 50% U.R. ca 2 mm 10 gg. 23°C 50% U.R. ca 10 mm
<b>Durezza Shore</b>	dopo espansione > 10 (7gg in acqua dolce) prima dell'espansione 40-60 (7gg: +23°C/ 50% U.R.)
<b>Resistenza a trazione</b>	4 MPa
<b>Capacità di espansione (secondo DIN 52451):</b>	dopo 24 h < 25% dopo 7 gg. > 100%
<b>Temperatura di applicazione</b>	+5°C / +35°C

Il supporto sul quale sarà posto in opera il materiale deve essere asciutto o al più leggermente umido, privo di parti friabili, polvere, lattime di cemento, olio e nidi di ghiaia.

Si dovrà immettere il materiale nella pistola di estrusione, tagliare il beccuccio affinché si abbia una sezione di estrusione triangolare e di dimensioni appropriate ed estrarre in modo continuo nella mezzera dello spessore del calcestruzzo.

Prima di eseguire la protezione (almeno 10 cm) in malta di cemento, si dovrà attendere almeno 1 ora e si dovrà evitare che il prodotto, applicato su sottofondo bagnato o fortemente umido, resti a contatto del fondo stesso per un lungo periodo prima di essere ricoperto dal nuovo getto.

Il materiale approvvigionato in cantiere dovrà essere protetto dalla pioggia per evitare l'espansione prima che avvenga il getto di calcestruzzo fresco e non deve essere depositato sotto i raggi diretti del sole. Il materiale non deve essere utilizzato nei giunti di movimento.

#### 8.11 Segnaletica orizzontale

Le vernici da impiegare per le segnaletiche orizzontali avranno le caratteristiche di seguito riportate.

##### 8.11.1 Caratteristiche prestazionali

Le normative nazionali e internazionali che definiscono le principali caratteristiche fisiche e operative della segnaletica dell'area di movimento aeroportuale sono riportate nei seguenti documenti:

- ENAC: Regolamento per la costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti, Emendamento 5 del 23.09.2008;
- ENAC: Manuale dei Criteri di Accettabilità per gli Aiuti Visivi Aeroportuali dell'ENAC edizione 1, del 27 settembre 2005, allegato alla Circolare APT-13°
- ICAO: Annesso 14 Vol. I, edizione Luglio 2004;
- 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-13 fornisce chiare indicazioni sulla cromaticità e sui fattori di illuminanza che devono essere posseduti dalla segnaletica orizzontale. Esse sono riprese dalla

normativa CIE (Recomandations for Surface Colours for Visual Signalling). Tali indicazioni si riferiscono a vernici appena stese.

Le caratteristiche di riflettenza 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 tale 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:

colore;

riflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione diffusa Qd;

visibilità notturna RL (retroreflessione in condizioni di illuminazione con proiettori, in condizioni di asciutto, bagnato, pioggia);

coefficiente di attrito.

### 8.11.2 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 International d'Eclairage).

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 nella tabella seguente:

<b>a) Rosso</b>		
	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>b) Giallo</b>		
	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)

<b>c) Bianco</b>		
	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)

<b>d) Nero</b>	
	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)

### 8.11.3 Visibilità notturna

La visibilità notturna della segnaletica è determinata dall'illuminazione artificiale della segnaletica e viene definito dal valore di retroriflessione RL.

Il valore di retroriflessione in condizioni di superficie asciutta deve essere conforme al prospetto 3 (Colore Giallo, Classe R1; Colore Bianco Classe R2), in condizioni di bagnato deve essere conforme al prospetto 4 (Colori Giallo e Bianco, Classe RW1) e in condizioni di pioggia al prospetto 5 (Colore Giallo e Bianco, Classe RR1) della Norma UNI EN 1436:2008.

### 8.11.4 Riflessione alla luce del giorno

La riflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione diffusa della segnaletica è definito 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 1436:2008.

### 8.11.5 Coefficiente di attrito

La segnaletica orizzontale deve possedere, tra le sue caratteristiche, una resistenza allo slittamento dovuto al contatto tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico, per tutta la vita utile, di 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 stradale 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 Normativa UNI EN 1436:2008 Appendici A; B; C; D.

### 8.11.6 Tempo di essiccazione

La vernice applicata sulle pavimentazioni a mezzo di apposite macchine traccia - linee, in condizioni normali, nella quantità indicata dal produttore, alla temperatura dell'aria compresa tra + 10°C e + 40 °C ed umidità relativa non superiore al 70%, dovrà asciugarsi entro 15 minuti dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo, la vernice non dovrà staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli aeromobili e degli autoveicoli in transito.



### **8.11.7 Viscosità**

La vernice dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con le macchine traccia - linee; tale consistenza, misurata nello Stormer Viscosimeter a 25 °C ed espressa in unità Krebs, sarà compresa fra 70 e 90 (ASTM D/562)

### **8.11.8 Condizioni di stabilità**

La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta nè diventare gelatinosa od ispessirsi.

La vernice non dovrà assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo. La sua composizione chimica dovrà essere tale che, anche durante i mesi estivi, se applicata su pavimentazione bituminosa non dovrà presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

### **8.11.9 Caratteristiche delle perline di vetro**

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

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 usando per la determinazione il metodo dell'immersione con luce al tungsteno (o UNI 9394 benzilacetato - tetraidronaftalifa).

Le perline di vetro non dovranno subire alcuna alterazione sotto l'azione di soluzioni acide tamponate a PH 5,0 - 5,3 o di soluzioni normali di cloruro di calcio o di sodio.

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 1424/1425 del giugno 1999.

Le perline di vetro di tipo premiscelato impiegate per le vernici dovranno avere una distribuzione granulometrica contenuta nell'intervallo 63/250 micron.

Le perline di vetro impiegate per le vernici di tipo post-spruzzato dovranno avere una distribuzione granulometrica contenuta nell'intervallo 180-850 micron.

## **9. PARTE 3: MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **9.1 Rilievi, capisaldi e tracciati**

#### **9.1.1 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.

#### **9.1.2 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.

#### **9.1.3 Tracciati**

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire la picchettazione completa delle opere ed a indicare con opportune modine i limiti degli scavi e dei riporti. 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.

#### **9.1.4 Interferenze con altre opere**

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.

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 mediante telegramma agli Enti comunque interessati e alla Direzione Lavori.

### **9.2 Demolizioni, fresature e rimozioni**

#### **9.2.1 Generalità**

Prima di iniziare i lavori in argomento si 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 ed adeguatezza di mezzi ogni evenienza che possa comunque presentarsi.

Prima di dare inizio alle demolizioni dovranno essere interrotte le erogazioni agli impianti di elettricità, gas, acqua, ecc. esistenti nella zona dei lavori; a tal fine sarà necessario prendere accordi con le rispettive Società o Enti erogatori. I serbatoi e le tubazioni dovranno essere vuotati; dovrà essere effettuata la chiusura dell'attacco delle fognature. 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 l'esecuzione dei lavori dovranno essere bene individuabili e idoneamente protette.

### 9.2.2 Disposizioni antinfortunistiche

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

### 9.2.3 Fresatura totale o parziale di pavimentazioni flessibili e in calcestruzzo

Nelle aree pavimentate interessate dalla demolizione parziale di strati bituminosi, la scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Le attrezzature proposte dall'Appaltatore dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate dalla Direzione Lavori. La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

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.

La pulizia della superficie del cavo dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla Direzione Lavori, munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Le pareti del cavo perpendicolari alla direzione di avanzamento delle frese dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento rettilineo e privo di sregolature.

Sia il piano risultante dalla fresatura che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso.

Nelle aree interessate dalla demolizione totale delle pavimentazioni flessibili o semirigide esistenti, la demolizione degli strati bituminosi sarà eseguita, come sopra specificato, con idonee frese, mentre la demolizione della sottostante massicciata stradale sarà effettuata con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori, ecc. Le pareti dello scavo dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sregolature. **Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi o comunque imputabili all'esecuzione dei lavori 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, dove richiesto in progetto e 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.

Completate le demolizioni, parziali o totali, previste in progetto, l'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura e spese, un rilievo topografico di precisione al fine di verificare la congruenza delle quote di fondo scavo con quanto previsto nel Progetto Esecutivo ed indicato in corrispondenza delle sezioni trasversali di progetto. In caso di discordanze e su indicazione della Direzione Lavori, si dovrà procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, ad adeguare convenientemente lo spessore degli strati sovrastanti o all'asportazione di quello sottostante in eccesso. In quest'ultimo caso si dovrà procedere nuovamente,

ove del caso e sempre a cura e spese dell'Appaltatore, al 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.

#### **9.2.4 Demolizione di fognoli, pozzetti, basamenti di reti di sottoservizi**

La demolizione sarà effettuata con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori, 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.

#### **9.2.5 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 e la sistemazione presso l'area di cantiere all'esterno o all'interno del sedime aeroportuale a qualsiasi distanza, in vista del successivo reimpiego secondo quanto previsto nell'ambito del presente progetto.

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. 5 febbraio 1997, n. 22 (Decreto Ronchi).

Eventuali parti di materiale che dovessero essere non riutilizzabili saranno su indicazione della Direzione Lavori scartate e trasportate alla pubblica discarica all'esterno del sedime aeroportuale a qualsiasi distanza a cura e spese dell'Appaltatore.

#### **9.2.6 Scotico del terreno vegetale**

Prima di dare inizio agli scavi di sbancamento, l'Appaltatore dovrà rimuovere completamente il terreno vegetale con scavo per una profondità e per una estensione pari a quella indicata negli elaborati grafici, espurgandolo di piante, cespugli, erbe, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea e ricoprendo così le eventuali buche aperte seguendo le indicazioni che saranno fornite dalla Direzione dei Lavori.

Il materiale verrà trasportato e accantonato a margine delle aree di scavo, ove ne sia previsto il successivo reimpiego per la formazione della coltre vegetale di rivestimento delle scarpate, o trasportato a discarica.

### **9.3 Scavi in genere**

#### **9.3.1 Aspetti generali relativi all'apertura degli scavi**

Nella esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati, 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 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 dovranno essere trasportate a discarica.

Qualora gli scavi avvengano in presenza d'acqua ma il livello dell'acqua naturalmente sorgente non superi i 20 cm, l'Appaltatore e' 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.

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 di sotto 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.

### **9.3.2 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.

### **9.3.3 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.

Sono inoltre considerati scavi di fondazione tutti quelli la cui superficie di base sia uguale o inferiore a mq 5,00, indipendentemente dalla loro profondità; scavi di larghezza superiore a m 6,00, qualunque sia il rapporto tra lunghezza ed altezza di scavo, debbono sempre intendersi scavi di sbancamento.

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

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

#### **9.3.4 Scavi a mano**

Saranno eseguiti a mano gli scavi, di sbancamento o di fondazione, da eseguirsi con particolari cautele, come ad esempio in prossimità di sottoservizi o di manufatti. La Direzione Lavori autorizzerà l'Appaltatore all'esecuzione degli scavi in siffatte condizioni.

#### **9.3.5 Scavi per canalizzazioni**

Per l'esecuzione degli scavi effettuati per la posa in opera di tubazioni, canalizzazioni di fogna, elettriche e telefoniche, per la realizzazione degli scavi e per i successivi rinterrati, l'Appaltatore sarà libero di adottare tutti quei sistemi, materiali e mezzi d'opera che riterrà di sua convenienza purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori.

Gli scavi ed i riempimenti saranno eseguiti esattamente secondo le prescrizioni progettuali. Quando nello scavo si fossero passati i limiti assegnati, non solo non si terrà conto del maggior lavoro eseguito ma l'Appaltatore dovrà, completamente a sue cure e spese, rimettere in sito le materie scavate in più ed eseguire tutti quei lavori di altro genere che per tale motivo si rendessero necessari per assicurare la regolare esecuzione e la buona riuscita dell'opera.

Il fondo degli scavi per il collocamento in opera delle tubazioni o delle canalizzazioni, dovrà essere ben spianato e corrispondere alle prescrizioni progettuali.

Nella esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati e le scarpate raggiungano l'inclinazione che sarà ritenuta necessaria anche allo scopo di impedire scoscendimenti, restando per altro l'Appaltatore totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere. Esso sarà altresì obbligato a provvedere, a suo carico e spesa, alla rimozione delle materie franate.

Qualora per le qualità del terreno, per il genere dei lavori che si eseguono o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbadacchiare o armare le pareti degli scavi, l'Appaltatore dovrà provvedervi di propria iniziativa, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti, per assicurare contro ogni pericolo gli operai e per evitare danni alle proprietà ed alle persone.

I lavori di scavo saranno inoltre condotti in maniera da facilitare il pronto smaltimento delle acque di infiltrazioni che eventualmente scaturissero dal fondo e dalle pareti degli scavi, procedendo ove possibile, da valle a monte, essendo l'Appaltatore obbligato ad eseguire a sua cura e spese gli esaurimenti che per tale motivo o per ogni deviazione di acqua di qualsiasi provenienza si rivelassero necessari, mediante opere adatte alla difesa degli scavi e dei manufatti.

I materiali provenienti dagli scavi e dalle demolizioni dovranno essere portati a rifiuto a cura e spese dell'Appaltatore.

#### **9.3.6 Preparazione del piano di posa**

Completate le operazioni di sistemazione e livellamento del fondo scavo, l'Appaltatore dovrà compattare, al 95% della massa volumica del secco massima AASHTO modificata (Norma CNR 69-1978), il piano di sottofondo con mezzi idonei ad assicurarne l'addensamento per la profondità di 30 cm richiesta.

La determinazione della densità in sito sarà effettuata con il metodo del volumometro a sabbia come da procedura indicata nella norma CNR 22-1972; la frequenza delle prove di controllo da eseguirsi sarà stabilita dalla Direzione dei Lavori. Il valore di riferimento della densità massima sarà quello determinato nel corso delle prove di accertamento eseguite preventivamente su indicazione della Direzione Lavori su campioni e prove di laboratorio all'uopo effettuate.



Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planoaltimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampalo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

#### **9.4.4 Pali trivellati con rivestimento provvisorio**

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

L'infissione sottoscarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti da fondo foro.

La tubazione è costituita da tubi di acciaio di diametro esterno pari al diametro nominale del pozzo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio-femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta impedendo un movimento rototraslatorio mediante opportuna attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non-coesivi, applicando in sommità un vibratore di idonea potenza.

In quest'ultimo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni, ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purchè non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

#### **9.4.5 Pozzi trivellati ad elica continua**

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta. L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche del palo da realizzare.

All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura. All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto.

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione. Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50 150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Impresa, con l'accordo della Direzione Lavori potrà, eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale del palo.

## 9.5 STABILIZZAZIONE DEL PIANO DI IMPOSTA DELLE PAVIMENTAZIONI

### 9.5.1 Generalità

Il trattamento a calce di una terra consiste nella miscelazione intima della stessa con calce ed eventualmente con acqua, in quantità tali da modificare attraverso reazioni chimico-fisiche le sue caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica in opera. La risposta al trattamento dipende essenzialmente dalla quantità e natura dei minerali argillosi e della silice amorfa presenti nel materiale, ciascuno caratterizzato da una propria reattività; dipende altresì dalla quantità di calce aggiunta e dalle modalità di lavorazione della miscela. L'effetto calce si esplica nei modi seguenti:

- aumento della lavorabilità di terre fini plastiche;
- drastica riduzione dei rigonfiamenti; notevole incremento delle resistenze all'erosione e al gelo-disgelo;
- eliminazione della possibile contaminazione dello strato trattato da parte di particelle fini limo-argillose presenti nelle terre naturali sottostanti lo stesso;
- indurimento lento e graduale dovuto allo svolgersi di reazioni pozzolaniche cementanti.

I precedenti aspetti positivi determinano anche: l'incremento della capacità portante della terra sia a breve sia a lungo termine sotto le azioni cicliche veicolari anche in presenza di acqua; l'aumento del modulo elastico della eventuale base granulare sovrastante lo strato stabilizzato; la sostanziale riduzione delle deflessioni in fase di esercizio del piano viabile o rotabile sovrastante sottofondazioni o fondazioni stabilizzate.

### 9.5.2 Ambiti di Intervento

Mediante l'aggiunta di quantità differenziate di calce a una terra e in relazione alla natura e al contenuto idrico di questa, si possono perseguire due scopi complementari:

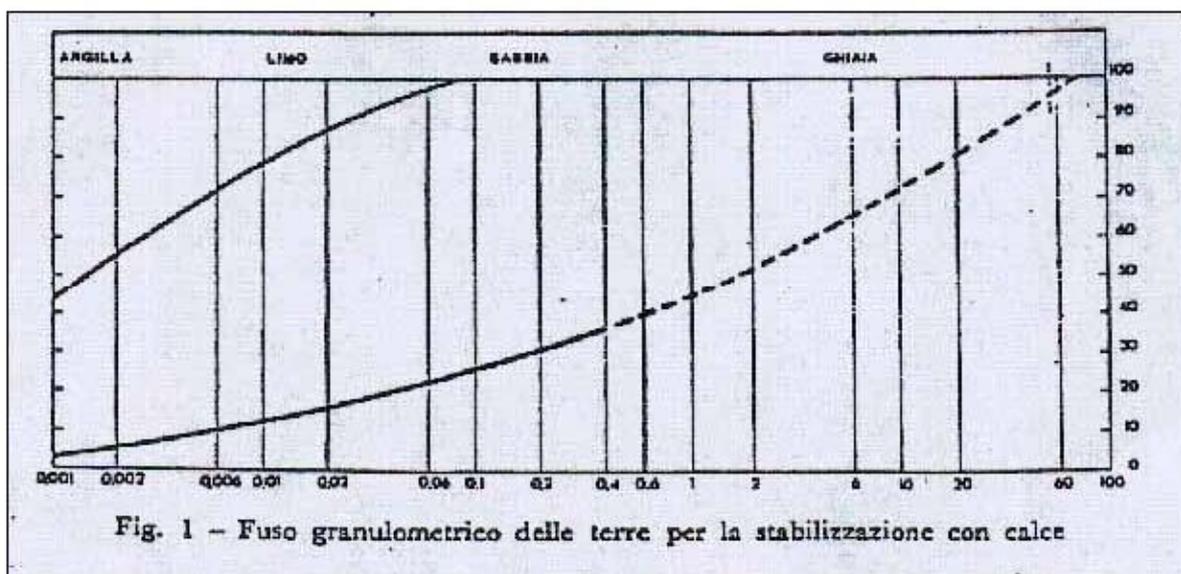
- la bonifica, per facilitare la lavorabilità della terra trattata (riduzione dell'umidità naturale, aumento del limite plastico, aumento dell'indice di portanza immediata IPI, possibilità di adeguato costipamento);
- la stabilizzazione completa dello strato, per migliorarne le proprietà meccaniche (oltre ai miglioramenti indicati al punto precedente si ha l'avvio di reazioni di indurimento pozzolanico che portano nel tempo a un considerevole aumento della resistenza meccanica del materiale; v. B.U. CNR n. 36).

### 9.5.3 Caratteristiche dei materiali da impiegare

#### TERRE

Sono idonee al trattamento con calce le terre fini plastiche limo-argillose dei gruppi A6 e A7 con valori dell'indice plastico normalmente compresi tra 10 e 50, o anche superiori, così come del gruppo A5 quando di origine vulcanica od organogena; anche ghiaie limo-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%.

La curva granulometrica deve rientrare all'interno del fuso riportato nella sottostante figura 1 (B.U. CNR n. 36).



Il terreno dovrà presentarsi libero da vegetazione e da qualsiasi altro corpo estraneo, nonché da eventuali inclusioni di grossa pezzatura che potrebbero danneggiare la macchina impiegata nel processo di miscelazione.

## ACQUA

L'acqua eventualmente utilizzata per conferire agli impasti terra-calce il tenore di umidità ottima di costipamento e per mantenere questo tenore durante l'eventuale periodo di maturazione degli strati compattati deve essere dolce, limpida, esente da impurità dannose (oli, acidi, alcali, cloruri, solfati, materie organiche) e da qualsiasi altra sostanza nociva alle reazioni terra-calce. La sua provenienza deve essere definita e controllata prima e durante l'utilizzazione affinché sia verificata nel tempo la rispondenza alla Norma UNI 8981/7 secondo quanto disposto dalla norma UNI 9858.

## CALCE

I requisiti chimici e fisici delle calci utilizzabili nei trattamenti delle terre sono quelli indicati nella sottostante tabella I, ove i valori percentuali specificati si intendono in peso.

REQUISITO	CALCE VIVA	CALCE IDRATA
CO <sub>2</sub>	≤ 5 %	-
(CaO+MgO) TOTALI	84 %	-
TITOLO IN IDRATI	-	≥ 85 %
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SO <sub>3</sub>	≤ 5 %	≤ 5 %
PEZZATURA	≤ 2 mm	-
PASSANTE AL SETACCIO CON LUCE NETTA DA:	200 μm ≥ 90 %	900 μm ≥ 85 %

I requisiti saranno verificati con metodi chimici e fisici di analisi e controllo conformi a norme ufficiali italiane o di Paesi della Comunità Europea, specificati poi nei bollettini di laboratorio.

### **9.5.4 Macchinari**

La scarificazione, la polverizzazione e la miscelazione della terra con la calce e l'acqua dovranno essere fatte con idonei macchinari atti a lavorare uniformemente il materiale (es. Pulvimixer).

La potenza delle macchine dovrà essere adeguata agli spessori degli strati da trattare e compatibile con la produzione giornaliera prevista.

I motolivellatori dovranno essere semoventi, preferibilmente con ruote gommate lisce e tali da non lasciare impronte marcate sulla superficie lavorata.

Gli spargitori di calce, se usati, dovranno assicurare una precisione di dosaggio secondo quanto ammesso dalla Direzione Lavori.

Le attrezzature costipanti (rulli a piastre, rulli lisci, rulli gommati) dovranno dare garanzie del raggiungimento dei valori di densità in sito stabiliti al punto 9.4.7.

I distributori d'acqua dovranno essere forniti di valvole a rapido disinnesto per la sospensione dell'erogazione e dovranno garantire una distribuzione uniforme e controllabile.

Tutti i macchinari dovranno essere sempre mantenuti efficienti e dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori; sarà facoltà della stessa richiedere la sostituzione di attrezzature che non siano ritenute idonee.

### **9.5.5 Progetto delle Miscele**

## ANALISI PRELIMINARE DELLE TERRE

Per trattamenti di terre in sito si preleveranno campioni da pozzetti esplorativi ogni 2000 m<sup>2</sup> e comunque con distanze reciproche tra questi non superiori ai 200 m e profondità almeno pari a quella del suolo da trattare; quando si presume che le caratteristiche del suolo siano più variabili di quanto sopra contemplato, la frequenza di campionamento sarà opportunamente incrementata.

La Direzione Lavori, anche in relazione ai risultati di prova che si otterranno dalle indagini seguenti, potrà richiedere ulteriori campionamenti del suolo e relativi esami.

#### CLASSIFICAZIONE DELLE TERRA

Determinazione della curva granulometrica per setacciatura, ed eventualmente per sedimentazione; la curva granulometrica ottenuta sarà confrontata con quella riportata nella precedente figura 1. Determinazione dei limiti di consistenza liquido e plastico.

#### DETERMINAZIONE DEL VALORE DI BLU DI METILENE VB.

Si prescrive un valore VB che sia > di 200 centimetri cubi di soluzione (10 g/l) di blu di metilene per 100 grammi della frazione di terra passante al setaccio da 0,25 mm UNI 2332, determinato in conformità alla Norma UNI 8520 parte 15<sup>a</sup> (il valore di blu permette anche di classificare le terre secondo le norme francesi AFNOR NF P 11-300).

#### DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE.

Si prescrive per la frazione di terra passante al crivello da 20 mm un tenore inferiore al 4% in massa, determinato con metodo titrimetrico al bicromato di potassio secondo norma AFNOR NF 94-055.

#### DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ STABILIZZANTE DELLA CALCE

Definibile anche come consumo iniziale di calce (di seguito indicato con **CIC**), ovvero della quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla.

Il valore **CIC**, determinato secondo norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'1,5% come verifica di idoneità.

Per cantieri di media ed elevata importanza si deve perfezionare l'indagine conoscitiva con gli esami di seguito riportati.

#### DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOLFATI

La reazione con la calce ne determina un consumo supplementare e che potrebbero dare origine a composti espansivi. Si prescrive un contenuto percentuale di SO<sub>3</sub> inferiore al 4% in massa, riferito a tutta la terra, determinato in conformità alla norma UNI 8520 parte 11<sup>a</sup>.

#### ESAME DIFFRATTOMETRICO

Per accertare la natura dei minerali argillosi con o senza reticoli espandibili.

#### ESAMI DI MICROSCOPIA OTTICA

Per l'identificazione di eventuali minerali silicei amorfi reattivi con la calce.

### **9.5.6 Studio della miscela di progetto**

Note e accettate dalla Direzione Lavori le caratteristiche delle terre si procede allo studio della miscela o delle miscele di progetto, le quali dovranno essere poi approvate dalla Direzione Lavori che potrà richiedere indagini supplementari rispetto a quelle di seguito descritte. Si considerano i due casi rispettivamente della bonifica in sito delle terre, per la costituzione dei piani di posa e dei rilevati, e della

stabilizzazione completa delle terre, per la realizzazione di sottofondazioni, fondazioni e basi con miscelazione o in sito o in centrale di confezionamento.

#### BONIFICA DELLE TERRE

Per la bonifica dei terreni in sito o provenienti da scavo-riporto, o da cave di prestito impiegati per rilevati di altezza superiore al metro, si prescrive:

- Determinazione del contenuto di acqua naturale  $W_n$  dei terreni da trattare;
- Definizione della curva Proctor Standard AASHTO T 99, Metodo D, della terra naturale e determinazione dell'indice di portanza immediata IPI alle diverse umidità, per valutare la capacità portante del terreno non saturo in prossimità delle condizioni di umidità naturale (l'indice di portanza immediato IPI di un suolo esprime il valore dell'indice di portanza CBR misurato senza sovraccarico né imbibizione in acqua su un provino di terra compattata con energia Proctor standard; v. anche NF P 94-078).
- Determinazione dell'IPI per almeno tre diverse miscele terra-acqua-calce, partendo dal CIC+0,5% in su, compattate conformemente all'AASHTO T 99, Metodo D, e con umidità pari all'ottimo oppure pari al valore  $W_n$  previsto al momento delle lavorazioni; si ricerca la minima percentuale di calce che consenta di ottenere su ciascuno di tre provini il valore IPI > 10.
- Determinazione del grado di rigonfiamento unitario di volume  $R_v$  su provini con maturazione accelerata. Tre provini per ogni formulazione caratterizzata da IPI > 10, compattati secondo AASHTO T99 metodo A, in stampi con diametro di 102 mm, sono tenuti per 76 ore in ambiente climatizzato a  $20\pm 1^\circ\text{C}$  e con U.R. > 95% e poi per 7 giorni in acqua a  $40\pm 1^\circ\text{C}$ . Il volume finale dei provini, determinato mediante pesata idrostatica, dovrà aumentare non più del 5% rispetto al volume iniziale dopo sformatura. Sono idonee all'impiego le miscele aventi contemporaneamente: IPI > 10 e  $R_v < 5\%$ .

## STABILIZZAZIONE DELLE TERRE

Le formulazioni da impiegare sia in rilevati di altezza inferiore a un metro, sia in sottofondazioni, fondazioni e basi sono definite come segue:

- Determinazione del grado di rigonfiamento unitario R e dell'indice CBR, secondo CNR-UNI 10009, per almeno tre diverse miscele terra-calce con diversificati contenuti d'acqua, partendo dal CIC+1% in su, impiegando provini compattati conformemente ad AASHTO Mod T180, Metodo D, preventivamente maturati per 21 giorni a  $20\pm 1^\circ\text{C}$  e U.R. > 95% e poi per 7 giorni in acqua a  $20\pm 1^\circ\text{C}$ .  
Sono idonee all'impiego le miscele aventi contemporaneamente: CBR > 50 e R < 1% nel caso di impiego in rilevati e sottofondazioni e CBR > 80 e R < 0,5% nel caso di fondazioni e basi;
- Resistenza a compressione R<sub>c</sub> e a trazione R<sub>t</sub>, da eseguire in parallelo alle predette prove CBR. Partendo dal tenore di acqua di impasto ottimo, dedotto dalle sperimentazioni del precedente punto, si confezionano provini in stampi apribili CBR, impiegati per i misti cementati, compattando secondo AASHTO Mod. T180, metodo D; questi saranno poi avvolti in pellicola di polietilene e preventivamente sottoposti a un periodo di maturazione di 28 giorni in ambiente climatizzato alla temperatura di  $20\pm 1^\circ\text{C}$  e con U.R. > 95%.

Sono idonee all'impiego le miscele che forniscono i valori seguenti:

- per sottofondazioni e fondazioni: R<sub>c</sub> > 1,5 MPa; R<sub>t</sub> > 0,15 MPa;
- per basi e per le ghiaie limo-argillose: R<sub>c</sub> > 2,5 MPa; R<sub>t</sub> > 0,25 MPa;
- per materiali in opera soggetti a gelo-disgelo: R<sub>c</sub> come sopra indicato; R<sub>t</sub> > 0,25 MPa, su provini sottoposti a un tempo di maturazione tecnicamente ed economicamente compatibile con l'avvento del gelo.

### **9.5.7 Posa in Opera**

Con piogge persistenti o con rischio di gelo per il terreno sarà necessario sospendere le lavorazioni di seguito illustrate.

#### POSA IN OPERA DI MISCELE LAVORATE IN SITO

Condizioni essenziali per ottenere un buon risultato sono: un'adeguata polverizzazione della terra, un'intima e omogenea mescolazione della calce e un valore di umidità della miscela prossima a quella ottimale della miscela di progetto.

#### Preparazione del suolo e determinazione dell'umidità

La preparazione del suolo comprende l'asportazione dello strato più superficiale, con lo scopo di eliminare la vegetazione e la terra più ricca di humus; può inoltre essere necessario scarificare la terra, al fine di dissodarla e predisporla al trattamento, e togliere gli elementi lapidei di dimensioni eccessive.

Si procederà poi alla determinazione dell'umidità naturale della terra da trattare e, a seconda del valore trovato, la si erpicherà e la si arieggerà per favorire l'evaporazione dell'acqua, quando essa sia in forte eccesso rispetto al valore ottimale della miscela di progetto.

#### Approvvigionamento della Calce

La calce può essere approvvigionata sia sfusa sia in sacchi di carta, normalmente in relazione rispettivamente a piccole o a grandi dimensioni dell'opera. La calce sfusa sarà consegnata con automezzi che ne consentano lo scarico pneumatico. La quantità di calce disponibile deve essere sufficiente ad assicurare almeno due giorni di piena operatività del cantiere. Nel caso di approvvigionamento allo stato sfuso, in cantiere la calce sarà stoccata in appositi sili; nel caso dei sacchi questi saranno stoccati al coperto, al riparo da umidità, pioggia e ristagni d'acqua.

### Dosaggio, Spandimento della Calce e Relativo Controllo

In cantiere il dosaggio è riferito al metro quadrato di suolo da trattare; per ottenere il dosaggio in kg/m<sup>2</sup>, a partire dal dosaggio in percentuale stabilito in laboratorio con riferimento al suolo secco, bisogna conoscere la densità secca in sito del suolo e la profondità dello strato dopo trattamento e costipazione. Non si spargerà la calce in polvere in giornate di forte vento, capace di sollevarne una parte, in relazione sia alla sicurezza del personale di cantiere sia alla precisione del dosaggio; inoltre si spargerà la calce solo sulla superficie che potrà essere lavorata in giornata, ciò per evitare sia l'asportazione della calce dagli agenti atmosferici sia il fenomeno della parziale carbonatazione. Nel caso della calce sfusa, il controllo della quantità distribuita è effettuato posizionando un telo quadrato con superficie di 1,0 m<sup>2</sup> sul terreno prima del passaggio della macchina spargicalce e pesando poi la calce su di esso depositata a passaggio avvenuto (allo scopo risulta utile dotarsi di teli con occhielli ai quattro vertici e di una bilancia a dinamometro con gancio). Controllando poi l'effettiva profondità della successiva miscelazione nel suolo naturale (come indicato al successivo par. 6.1.4) si può calcolare il dosaggio effettivamente praticato. Nel caso di utilizzo di calce in sacchi, questi devono essere posizionati lungo il tracciato secondo un reticolo regolare, con passo facilmente calcolabile. I sacchi posizionati sul suolo sono tagliati a metà con un coltello e svuotati formando tanti piccoli mucchi; i sacchi vuoti devono essere allontanati. La calce è poi livellata manualmente con rastrelli o per mezzo di attrezzi dotati di dischi a dente o a punte trainati da trattori o autocarri; generalmente due passaggi sono necessari per un'uniforme distribuzione.

### Polverizzazione della Miscela

La polverizzazione e la miscelazione devono essere attuate con diverse passate di idoneo macchinario (es.: Pulvimixer), fino a quando la componente limo-argillosa passi interamente attraverso crivelli a maglia quadra da 25 mm e almeno per il 60% al setaccio ASTM E 11 da 4 mesh (con luce netta di maglia da 4,75 mm).

E' importante che la potenza della macchina miscelatrice sia scelta proporzionalmente allo spessore dello strato da trattare e alla produzione giornaliera desiderata. Quando necessario, durante o dopo la miscelazione si irrorerà la terra trattata con acqua fino a farle raggiungere il tenore ottimale per la successiva compattazione.

Terminata la miscelazione, scavando un pozzetto a tutto spessore ogni 300 m<sup>2</sup> di superficie lavorata si controllerà:

- l'omogeneità della miscela, osservando il suo colore che dovrà apparire uniforme sia nello stato tal quale sia dopo spruzzaggio di soluzione alcolica di fenolftaleina all'1% che impartirà colorazione rossastra;
- con metodo celere, l'umidità di un campione della miscela estratta;
- l'effettiva profondità di lavoro della macchina miscelatrice (che ha operato sul suolo naturale) misurata rispetto a riferimenti esterni precedentemente predisposti.

Al termine dei controlli precedenti, qualora la superficie dello strato si mostri irregolare, per un'ottimizzazione della successiva compattazione, si procederà a un livellamento con grader o altra macchina adatta allo scopo.

### Compattazione Finale

Lo strato di terra trattata deve essere compattato senza ritardi dopo la miscelazione, successivamente comunque al completamento della reazione esotermica di spegnimento nel caso di utilizzo della calce viva, e dopo la verifica che il tenore di umidità sia prossimo all'ottimo.

Il completo spegnimento della calce viva richiede un tempo variabile in funzione della temperatura e dell'umidità del suolo; normalmente, con temperatura del suolo non troppo bassa, 2 o 3 ore di maturazione della miscela sono sufficienti allo scopo.

Nella costruzione di rilevati multistrato è molto importante procedere a fronte chiuso, completando in giornata le operazioni di miscelazione e compattazione e sovrapponendo la terra da trattare il giorno successivo; con ciò si minimizza la possibile reazione di carbonatazione e si attua una protezione adeguata degli strati in maturazione. Quando le dimensioni del lavoro sono tali da giustificare l'esecuzione di un tratto sperimentale di prova, si devono predisporre diversi schemi di rullatura con rullo a piastre, seguito da rullo metallico liscio e/o rullo gommato, effettuando un campo prova per determinare la combinazione ottimale e più economica di mezzi, passate e velocità di avanzamento, per il conseguimento del grado di addensamento prescritto.

#### Maturazione dopo Rullatura

Poiché la resistenza e la stabilità dimensionale di una terra stabilizzata dipende anche da un accurato periodo di maturazione dopo la rullatura finale, durante il quale l'umidità ottima di compattazione deve restare il più possibile costante, immediatamente dopo il completamento dell'ultimo strato costipato e sagomato si stenderà o uno strato di 3-4 centimetri di sabbia bagnata (da asportare alla fine del periodo di maturazione) o un velo protettivo di bitume liquido BL 350-700 (B.U. CNR n. 7) in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> o di emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL 55 (B.U. CNR n. 3) in ragione di 1,8 kg/m<sup>2</sup>. La durata del periodo di maturazione, solitamente fino a sette giorni, sarà indicata dalla Direzione Lavori, anche in relazione alle esigenze di cantiere e al tipo di traffico previsto transitare sullo strato finito.

### **9.5.8 Controlli**

In fase esecutiva l'Impresa dovrà predisporre un accurato programma dei lavori, che consenta alla Direzione Lavori di definire un programma di prove di controllo giornaliero degli strati lavorati.

#### VERIFICA DEL GRADO DI COMPATTAZIONE

##### Trattamenti di bonifica nella costruzione di piani di appoggio e dei rilevati

E' prescritta una misura di densità in sito secondo B.U. CNR n. 22 ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato compattato e comunque almeno due misure per ogni giornata lavorata, rilevando un valore uguale o superiore al 95% della

densità massima Proctor standard ottenuta per la stessa miscela del sito, compattata in laboratorio secondo AASHTO T99; le densità in sito e in laboratorio saranno determinante durante la stessa giornata lavorativa.

##### Trattamenti di stabilizzazione completa nella costruzione di rilevati, di strati di soффondazione e della sovrastruttura

E' prescritta una misura di densità in sito secondo B.U. CNR n. 22 ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato compattato e comunque almeno due misure per ogni giornata lavorata, rilevando un valore uguale o superiore al 92% della densità massima Proctor modificata ottenuta per la stessa miscela del sito compattata in laboratorio secondo AASHTO Mod.T180; le densità in sito e in laboratorio saranno determinate durante la stessa giornata lavorativa.

#### VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE E AI RIGONFIAMENTI IN ACQUA

##### Trattamenti di bonifica

E' prescritto il prelievo di un campione di miscela dal sito, interessando tutto lo spessore dello strato trattato con calce, ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato compattato, e comunque almeno uno per ogni giornata lavorata, e la preparazione di due provini secondo CNR-UNI n. 10009, punto 3.2.1, compattati secondo AASHTO Mod T180 e tenuti a maturare in aria per tre giorni a 20±1°C e U.R. > 95% e poi in acqua per quattro giorni a 20±1°C.

I valori medi dell'indice CBR e di rigonfiamento dei due provini dovranno essere rispettivamente maggiori di 20 e inferiori all'1,5% Quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno si verificherà la resistenza

meccanica anche attraverso la misurazione del modulo di deformazione  $M_d$ , determinato con piastra da 300 mm di diametro (B.U. CNR n. 146 del 14.12.1992 - Norme svizzere VSS-SNV 670317). I valori accettabili sono quelli indicati al successivo paragrafo.

#### Trattamenti di stabilizzazione completa

Si richiedono i risultati seguenti relativamente alle prove CBR, determinate con coppie di provini preparati come indicato al precedente punto con la medesima frequenza e criterio ivi indicati:

- a.) per le sottofondazioni:  $CBR > 30$  e  $RIGONFIAMENTO < 1,0\%$ ;
- b.) per le fondazioni e basi:  $CBR > 50$  e  $RIGONFIAMENTO < 0,5\%$

Si richiedono i risultati seguenti relativamente alle prove di compressione e di trazione:

- è prescritto il prelievo di un campione di miscela sciolta dal sito per ogni 2000 m<sup>2</sup> di strato compattato, e comunque uno per ogni giornata lavorata, e la preparazione di tre provini in stampi apribili secondo B.U. CNR n. 29, compattati secondo AASHTO Mod.180, e maturati a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e con U.R.  $> 95\%$ ; i valori di  $R_c$  e  $R_t$  ottenuti saranno mediati tra loro per ottenere il risultato di prova:
  - per le sottofondazioni:  $R_c(7) > 0,50 \text{ MPa}$   $R_t(7) > 0,03 \text{ MPa}$ , a 7 giorni di maturazione
  - per le fondazioni :  $R_c(7) > 1,0 \text{ MPa}$   $R_t(7) > 0,10 \text{ MPa}$ , a 7 giorni di maturazione  
 $R_c(28) > 1,5 \text{ MPa}$   $R_t(28) > 0,15 \text{ MPa}$ , a 28 giorni di maturazione
  - c) per le basi:  $R_c(7) > 1,5 \text{ MPa}$   $R_t(7) > 0,15 \text{ MPa}$ , a 7 giorni di maturazione  
 $R_c(28) > 2,5 \text{ MPa}$   $R_t(28) > 0,25 \text{ MPa}$ , a 28 giorni di maturazione

Quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno si verificherà la resistenza meccanica anche attraverso la misurazione del modulo di deformazione  $M_d$

#### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE

Il controllo della qualità della stabilizzazione con calce e/o cemento deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella C.1.

A compattazione ultimata la densità del secco in sito ( $\gamma_s$ ), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ( $\gamma_{s,max}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori.

Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2 ovvero CNR 22/72).

Per valori di densità inferiori a quello previsto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a: % di detrazione =  $2(s - 2)^2$  dove  $s$  è lo scostamento percentuale della densità in sito ( $\gamma_s$ ) rispetto a quella di laboratorio ( $\gamma_{s,ottimo}$ ) valutato con:  $s = 100(0,98\gamma_{s,ottimo} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s,ottimo}$  Valori della densità del secco inferiori al 95% del valore di riferimento ( $\gamma_{s,max}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) comporteranno la ripetizione del trattamento a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD.

Il Modulo di deformazione Ev2 deve risultare non inferiore a 150 MN/m<sup>2</sup> entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 200 MN/m<sup>2</sup> dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato sempre con rapporto Ev2/Ev1 inferiore a 2,15. Per valori medi del modulo Ev2, determinati con prove di carico su piastra dopo 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MN/m<sup>2</sup> verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a: % di detrazione =  $[(200 - Ev2)/5]^2$  Valori del modulo Ev2 (dopo 3 giorni) inferiori a 170 MN/m<sup>2</sup> e/o del rapporto Ev2/Ev1 inferiori a 2,15 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali.

Per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E<sub>vd</sub> ed il modulo Ev2 ottenuto da prove di tipo statico.

L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori Ev2 ricavati da tale correlazione. Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera. Tabella C.1 Controllo dei materiali e verifica prestazionale.

**Tabella C.1**

<b>Controllo dei materiali e verifica prestazionale</b>			
<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI RICHIESTI</b>
Miscela di aggregati prima della stesa del legante (calce e cemento)	Fascia di stesa prima dello spandimento del legante	ogni 2000 mq di materiale lavorato	Curva granulometrica di progetto
Miscela di aggregati prima della miscelazione con la calce	Fascia di stesa dopo lo spandimento del legante	ogni 2000 mq di materiale lavorato	Quantità di calce stesa per mq Quantità di cemento steso per mq
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 500 ml di fascia di stesa	densità in sito non inferiore al 98 % della densità di laboratorio con metodo AASHTO mod. (DIN 18127 ovvero CNR 69/78)
Strato finito dopo 3 giorni dalla compattazione	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 ml di fascia di stesa	modulo di deformazione Ev2, determinato con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134, non inferiori a 150 MN/m <sup>2</sup> con rapporto Ev2/Ev1 ≤ 2,15

## 9.6 Riempimenti di Scavi e Formazione di Rilevati

Laddove si realizzino opere in terra è necessario garantire adeguati standard di qualità che costituiscano garanzia del mantenimento in perfetta efficienza funzionale e strutturale della costruenda pavimentazione soprastante.

### 9.6.1 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.

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

### 9.6.2 Materiali

Ai fini della costruzione del corpo del rilevato è ammissibile il ricorso a terre ed aggregati (naturali o riciclati) nonché ad una loro combinazione così come descritto nel seguito.

#### TERRE

Le terre sono materiali sciolti naturali che possono derivare dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee nelle zone in cui il progetto prevede l'esecuzione di scavi in trincea, ovvero dall'estrazione da cave di prestito. Possono essere destinate alla costruzione di corpi dei rilevati, a bonifiche, a riempimenti ecc. ovvero, se quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, al deposito in apposite discariche o alla sistemazione in dune interne al sedime aeroportuale.

Esse sono designate in conformità alle Norme UNI EN ISO 14688-1/2. Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa, per ogni zona di provenienza, deve procedere a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dei risultati di prove di laboratorio.

Con riferimento alla classificazione generale riportata nella Tabella seguente, ai fini delle lavorazioni descritte nel presente articolo si dovranno usare miscele appartenenti al gruppo A1 / A2-4 / A2-5 / A3, con CBR saturo  $\geq 20$ , avendo cura che la dimensione massima degli elementi litici sia congrua con gli spessori di stesa previsti.

**Classificazione delle terre**

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0.063 mm ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0.063 mm > 35%						Torbe e terre organiche palustri
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8					
Gruppo	A1-a	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8					
Sottogruppo	A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A7-5	A7-6						
Frazione passante allo staccio													
2 mm	≤ 50		-										
0.4 mm	≤ 30		> 50										
0.063 mm	≤ 15	≤ 35	≤ 10	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 mm													
LL (Limite liquido)	-	≤ 40	-	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40	> 40	
IP (Indice di plasticità)	≤ 6	≤ 10	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10	> 10	> 10	
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa		Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici			
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellente a buono		Da mediocre a scadente						Da scartare				
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve		Media		Molto elevata		Media		Elevata		Media		
Ritiro e rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve		Lieve o medio		Elevato		Elevato		Molto elevato		
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa		Scarsa o nulla								

Quando l'umidità delle terre scavate è tale da non consentire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione.

I materiali impiegati, qualunque sia il gruppo di appartenenza, devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

Il materiale dovrà essere steso uniformemente in strati il cui spessore, dopo compattazione, non dovrà essere superiore a 30 cm e dovrà essere umidificato uniformemente prima di essere sottoposto a compattazione.

Ogni strato non dovrà presentare zone con segregazione di materiale e dovrà avere superiormente la sagoma richiesta per l'opera finita, così da evitare ristagni d'acqua; esso, inoltre, potrà essere ricoperto dallo strato successivo solamente se approvato dalla Direzione Lavori. L'Appaltatore dovrà consegnare il lavoro al giusto piano prescritto.

L'Appaltatore dovrà effettuare sui materiali impiegati controlli di idoneità e prove di laboratorio nel numero e con la frequenza di seguito indicate.

I requisiti relativi all'accettazione ed alla lavorazione riportati nel seguito si riferiscono all'impiego nella costruzione degli strati di riempimento, del rilevato e di bonifica del piano di posa dello stesso.

#### MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI NATURALI

Le miscele di aggregati costituiscono, come le terre, assortimenti granulari, ma se ne differenziano in quanto sono ottenute mediante un trattamento, più o meno complesso, di materiali naturali o industriali o riciclati, preventivamente qualificati secondo la Norma UNI EN 13242.

#### *Requisiti fisico-meccanici*

Le miscele di aggregati naturali devono rispettare i requisiti indicati nella Tabella.

**Requisiti fisico-meccanici degli aggregati**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	100%
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 15% in massa
Rapporto fra passante al setaccio 0,500 mm e passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	> 1,5
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 35%
Indice di forma	UNI EN 933-4	≤ 35%
Valutazione dei fini Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	≥ 30%
Valutazione dei fini (alternativo) Blu di metilene	UNI EN 933-9	< 5 g/kg
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non Plastico
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	≤ 45%

Produzione finissimo per costipamento AASHTO Mod. nell'intervallo $\pm 2\%$ $W_{ott}$	UNI EN 13286-2 UNI EN 933-1	Differenza $P_{0,063post} - P_{0,063ante} \leq 5\%$
---	--------------------------------	--

Le miscele di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione e demolizione devono rispettare i requisiti indicati nella che segue. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre, per ogni lotto di materiale, la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

COMPONENTI	MODALITÀ DI PROVA	LIMITI
Contenuto di materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Contenuto di conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	$\leq 25\%$ in massa
Contenuto di vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	$\leq 15\%$ in massa
Contenuto di altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente	UNI EN 13285 Appendice A	$\leq 0,10\%$ in massa
Contenuto di materiali deperibili o materiali plastici cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, sostanze organiche eccetto il bitume, residui alimentari, corrugati, tubi, parti di bottiglie in plastica, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	$\leq 0,6\%$ in massa
Contenuto di altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)		
PARAMETRI	MODALITÀ DI PROVA	LIMITI
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	$\leq 6\%$
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	$\leq 60\%$
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	$\leq 25\%$
Dimensione massima Dmax	UNI EN 933-1	125 mm
Trattenuto setaccio 63 mm	Frantumazione	Assenza di volumi interni

**Aggregati da costruzione e demolizione per il corpo dei rilevati**

*Requisiti Chimici*

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. previste dal D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002). Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere 1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere 0,5 %.

**9.6.3 Preparazione della miscela**

La miscela di inerti formata da aggregati naturali ed eventualmente da aggregati riciclati dovrà essere preparata fuori opera: i vari componenti dovranno essere accorpati nelle richieste proporzioni in apposti

mescolatori e quindi la miscela risultante accumulata con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione.

#### **9.6.4 Accettazione della miscela**

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione della miscela non legata che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e dovrà corrispondere ai requisiti riportati in precedenza.

L'accettazione dello Studio da parte della Direzione Lavori è subordinato 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 della miscela, sia per provenienza, sia per tecnica di miscelazione, andrà ripresentata la documentazione di qualifica del materiale.

#### **9.6.5 Campo prova**

L'Impresa è tenuta a realizzare, mettendo a tal fine a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati, una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni prescritte (grado di addensamento e/o portanza).

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare.

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo dell'appalto e quindi cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova dovrà avere caratteristiche di deformabilità quanto più possibile simili a quelle del luogo finale d'impiego e sarà indicato dalla Direzione Lavori. Alla fine dei lavori l'Impresa è altresì tenuta a propria cura ed onere alla demolizione del campo prove e alla messa in pristino delle condizioni originarie del sito.

La sperimentazione dovrà essere completata prima di avviare l'esecuzione dei lavori, per essere di conferma e di riferimento delle modalità delle lavorazioni. In ogni caso, se applicata a materiali diversi, deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

#### **9.6.6 Posa in opera**

La stesa della miscela deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti deve essere il più possibile omogenea.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo aver accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente. Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, sperimentate in campo prove.

### 9.6.7 Compattazione

L'Impresa è tenuta a impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di miscela che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve risultare compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel programma dei lavori.

In ogni caso le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati e il numero di passaggi da effettuare, debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova, fermo restando che l'efficacia del processo ed il conseguimento delle prestazioni finali richieste restano sempre e comunque nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve sempre assicurare un addensamento uniforme all'interno dello strato.

I controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo punto.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore (inferiore a 30 cm) e idoneamente costipato. Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

#### CONTROLLO CONTINUO DELLA COMPATTAZIONE

L'utilizzo di mezzi di compattazione intelligente (Automatic Feedback) dotati di sistemi di controllo in continuo della compattazione (Continuous Compaction Control on Instrumented Rollers) è fortemente raccomandato al fine di ottenere il raggiungimento di un elevato livello di dettaglio nel controllo dei valori di portanza raggiunti al termine della compattazione.

Il valore della rigidità dello strato compattato sarà determinato in continuo durante la compattazione mediante specifica strumentazione montata e gestita direttamente dal quadro comandi del mezzo costipante. Tale valore, come di seguito riportato, verrà indicato come MV (Roller Measurement Value) e dovrà essere georeferenziato tramite opportuni sistemi di localizzazione GPS.

#### *Modalità operative dei mezzi compattanti*

Le modalità operative (velocità di avanzamento, ampiezza e frequenza di vibrazione) andranno scelte in base al tipo di materiale da compattare. I valori assunti dovranno comunque ricadere all'interno dei limiti seguenti:

- Velocità di avanzamento  $3 \div 5.5 \text{ km/h} \pm 0.5 \text{ km/h}$
- Ampiezza di vibrazione  $0.7 \div 1.1 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$
- Frequenza di vibrazione  $28 \div 32 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$

### Campo prove

L'efficacia e le modalità operative dei sistemi di compattazione dovranno essere verificate su scala reale prevedendo la realizzazione di un apposito campo prove. In tal modo sarà possibile calibrare il responso dei sistemi di controllo della compattazione sulla base di prove tradizionali per la determinazione della portanza.

Ferme restando le prescrizioni riportate al paragrafo del campo prova, si specifica quanto segue.

Lo spessore degli strati e le tipologie di mezzi costipanti dovranno possedere le medesime caratteristiche di quelle previste per la realizzazione dell'opera.

La compattazione del campo prove dovrà avvenire lungo fasce adiacenti la cui larghezza dipenderà dalle dimensioni del rullo. La lunghezza del campo prove andrà scelta in relazione all'estensione dei lavori e nel rispetto della logistica di cantiere. In ogni modo, è consigliabile che il campo prove abbia dimensioni comprese tra 100 m e 500 m e che rappresenti una sezione significativa dell'estensione dell'opera.

Durante la compattazione, ad ogni passata e secondo il passo di campionamento previsto per la tipologia di rullo utilizzata, sarà registrato il valore di rigidità dello strato. La compattazione potrà essere arrestata quando la differenza percentuale tra la media dei valori ottenuti per passate consecutive, sulla stessa fascia, sia inferiore al 5% (vedere equazione sottostante).

$$\% \Delta \mu_{MV_i} = \left( \frac{\mu_{MV_i} - \mu_{MV_{i-1}}}{\mu_{MV_{i-1}}} \right) \cdot 100 \leq 5\%$$

dove:

- MV      valore di rigidità determinato a partire dalle misure eseguite dai sistemi di controllo in continuo della compattazione;
- MV<sub>i</sub>    MV determinato per l'i-esima passata;
- μ<sub>MV<sub>i</sub></sub>    media dei valori di MV per ognuna delle fasce adiacenti in cui è stato suddiviso il campo prove.

### Determinazione della soglia minima di portanza in termini di MV

La calibrazione sarà mirata alla determinazione del valore MV di soglia da utilizzare per il controllo dell'efficacia della compattazione. Tale valore sarà determinato sulla base del confronto dei valori di MV con i valori di portanza ricavati con LWD (Modulo Superficiale E<sub>0</sub>). In particolare, su tutto il campo prova verranno eseguite prove di portanza con LWD in zone che presentino valori quanto più eterogenei di MV.

Ai fini di una corretta interpretazione del dato si raccomanda di tenere conto della diversa profondità di influenza del rullo vibrante (0,8-1,2 m) e dell'LWD (0,3-0,6 m): se ritenuto necessario in considerazione della stratigrafia presente, i risultati delle prove dovranno essere analizzati alla luce dei risultati ottenuti sugli strati sottostanti, al fine di evidenziare le zone in cui la debolezza dello strato più superficiale sia da imputare ad una debolezza del substrato.

I valori così ricavati verranno messi in correlazione secondo una regressione lineare e verranno considerati correlabili qualora l'indice di correlazione R<sup>2</sup> risulti superiore a 0,75.

Una volta verificata la correlazione tra i due metodi (del tipo MV=f(E<sub>0</sub>)), il valore limite di MV sarà determinato a partire dal valore limite del modulo superficiale E<sub>0</sub> previsto in capitolato per quella tipologia di strato.

### Controllo della compattazione in cantiere

L'intera zona da compattare dovrà essere suddivisa in sezioni omogenee, nel prosieguo denominate "zone di valutazione". Ogni zona di valutazione dovrà avere un'estensione variabile da 100 a 500 m a seconda dell'entità dell'opera. Tale suddivisione dovrà essere eseguita sulla base dell'analisi visiva del terreno prima della compattazione, in modo da evitare un'eccessiva variabilità nelle caratteristiche del materiale presente in una stessa zona. Ognuna di queste zone dovrà essere suddivisa prevedendo delle fasce di compattazione affiancate lungo le quali valutare i valori di MV, e compattate fino ad ottenere uno scarto nei valori medi di MV inferiore al 5% tra passate successive. In questo caso, sulla base della correlazione tra MV e E0 ricavata in sede di campo prove, il controllo in continuo della compattazione dovrà essere utilizzato per la localizzazione delle aree deboli, ovvero quelle aree che presentano i valori di MV inferiori o comunque prossimi al limite minimo. Su tali aree dovranno essere eseguite prove con LWD o piastra statica finalizzate alla valutazione della portanza dello strato compattato, da confrontare con i valori di soglia previsti dalle presenti Norme Tecniche.

Se ritenuto necessario in considerazione della stratigrafia presente, i risultati delle prove dovranno essere analizzati alla luce di quelli ottenuti sugli strati sottostanti, al fine di evidenziare le zone in cui la minore capacità portante dello strato più superficiale sia da imputare ad una minore capacità portante del substrato.

Nel caso in cui i controlli diano esito positivo la lavorazione verrà accettata mentre, nel caso in cui i valori di E0 misurati nelle zone con minore capacità portante risultino inferiori ai valori di soglia riportati sulle presenti Norme Tecniche, lo strato dovrà essere riaddensato. Viene lasciata facoltà alla D.L. di richiedere una nuova calibrazione dei sistemi di compattazione continua qualora sorgessero dubbi sull'omogeneità del materiale da compattare.

#### 9.6.8 Controllo della densità e della portanza

Il livello prestazionale degli strati posti in opera potrà essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Il controllo mediante misure di densità in sito può essere applicato soltanto se la frazione di materiale trattenuto al setaccio UNI EN 20 mm non supera il 35% della massa totale.

In questo caso le prove di controllo in cantiere riguardano:

- misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1;
- misure di massa volumica (densità) apparente.

Il controllo può essere effettuato previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

$P_d$  : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

$V$  : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

$P'_d$  : massa del secco della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$V' = P'_d / \gamma_s$  : volume della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm.

Le prove di controllo della portanza, se richieste dalla Direzione Lavori in relazione a quanto sopra riportato, devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione  $M_d$ , al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra 0,15-0,25 N/mm<sup>2</sup>, secondo quanto previsto dalla norma CNR B.U.

n. 146/92. In alternativa o ad integrazione delle suddette prove, su indicazione della Direzione Lavori potranno essere effettuate misure di deflessione con apparecchiatura di tipo LWD (§ 9.6.9 – ASTM E2583-07).

I livelli minimi delle prestazioni richieste sono i seguenti:

REQUISITO	VALORE DI RIFERIMENTO
<b>GRADO DI ADDENSAMENTO (% RISPETTO A <math>\gamma_s</math> DI LABORATORIO)</b>	<b><math>\geq 95\%</math> AASHTO MOD.</b>
<b>MODULO DI DEFORMAZIONE <math>M_d</math> (N/MMQ) (*)</b>	<b><math>\geq 50</math></b>
<b>MODULO ELASTICO TRAMITE LWD (N/MMQ)</b>	<b><math>\geq 75^{(**)}</math> (°)</b>
(*) livello prestazionale riferito a contenuti d'acqua compresi nell'intervallo $w_{opt}-2,0\% < w < w_{opt}+2,0\%$ ( $w_{opt}$ da prove AASHTO di laboratorio)	
(**) o comunque coerente con il valore di rigidità assunto per il dimensionamento della pavimentazione	

La Direzione Lavori avrà facoltà di accettare valori inferiori a quelli sopra stabiliti in relazione allo spessore effettivo del rilevato nel punto ove la prova viene eseguita.

La frequenza delle prove deve essere la seguente:

TIPO DI PROVA	FREQUENZA
<b>DENSITÀ</b>	<b>ALMENO UNA OGNI 500 MQ</b>
<b>MODULO <math>M_d</math> (*)</b>	<b>ALMENO UNA OGNI 1.000 MQ (*)</b>
(*) Solo nel caso in cui non sia possibile procedere al controllo mediante misure di densità	

Per entrambi i tipi di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5 (come può avvenire nelle parti d'opera di superficie limitata), tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime precedentemente riportate.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati di una stessa prova di controllo, una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 2,5%, per le misure di densità secca  $\gamma_s$ ;
- il 10%, per le misure di portanza (Modulo  $M_d$  o altra grandezza).

### 9.6.9 Prove di portanza con piastra dinamica tipo LWD

Le prove con apparecchiatura LWD, da condurre in accordo con la Norma ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)", dovranno essere eseguite applicando una sollecitazione con una durata dell'impulso di carico prossima a 30 msec e tale da indurre una deflessione pari ad almeno 100  $\mu$ m.

Le battute dell'LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra  $\leq 3\%$ . Pur nel rispetto del valore di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati di almeno 5 metri tra loro lo strato dovrà essere riaddensato.

Le prove eseguite, salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro della piastra ed il modulo elastico.

Quest'ultimo viene calcolato con la seguente espressione:

$$E=f \cdot (1-v^2) \cdot \sigma \cdot r/d_0$$

dove  $f$  e  $v$  dipendono dal tipo di materiale e dovranno essere specificati nei certificati di prova,  $\sigma$  è lo sforzo effettivamente applicato,  $r$  è il raggio della piastra (150 mm) e  $d_0$  la deflessione misurata al centro della piastra.

#### 9.6.10 Tolleranze d'esecuzione dei piani di progetto

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 3$  cm, misurati sulla sommità del rilevato quale piano d'appoggio dello strato di fondazione della pavimentazione.

La verifica verrà eseguita mediante controllo topografico eseguito in contraddittorio con la Direzione Lavori.

#### 9.6.11 Controllo delle forniture

In corso d'opera dovranno essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori, finalizzate sia ad evidenziare che non abbiano a verificarsi scostamenti nella qualità dei materiali, sia ad accertare il corretto costipamento in opera.

In linea di massima la frequenza dei controlli sarà la seguente:

TIPO DI PROVA	FREQUENZA
CLASSIFICAZIONE O CONTROLLO DEI REQUISITI DEI <i>MATERIALI</i>	OGNI 2.000 MC
UMIDITÀ NATURALE	OGNI 500 MC
COSTIPAMENTO AASHTO (UNI EN 13286-2)	OGNI 5.000 MC

### 9.6.12 Controllo sugli strati finiti

In corso d'opera dovranno essere effettuate prove di controllo in sito e su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori, finalizzate sia ad evidenziare che non abbiano a verificarsi scostamenti nella qualità dei materiali, sia ad accertare la corretta posa in opera.

I controlli dovranno essere effettuati di norma secondo le seguenti frequenze:

TIPO DI PROVA	FREQUENZA MASSIMA
GRANULOMETRIA (UNI EN 933-1)	OGNI 200 MC (*)
PRODUZIONE DI FINISSIMO (PASSANTE 0,063 MM) PER COSTIPAMENTO AASHTO MOD. (UNI EN 13286-2)	OGNI 200 MC (*)
PRODUZIONE DI FINE (PASSANTE 2 MM) PER COSTIPAMENTO AASHTO MOD. (UNI EN 13286-2)	OGNI 200 MC (*)
PORTANZA CON PROVE LWD (ASTM E 2583-07)	OGNI 100 MQ SU OGNI STRATO DI MATERIALE COMPATTATO
TOLLERANZA DI ESECUZIONE (UNI EN 13036-7 E RILIEVI TOPOGRAFICI)	OGNI 100 MQ

(\*) A DISCREZIONE DELLA DIREZIONE LAVORI LA FREQUENZA DEI CONTROLLI DI QUALIFICAZIONE DEL MATERIALE POTRÀ ESSERE DIMINUITA FINO AD MINIMO DI UNA PROVA OGNI 500 MC QUALORA I RISULTATI DELLE DETERMINAZIONI RELATIVE AI PRIMI 1000 MC ABBIANO FORNITO ESITO POSITIVO E NON SIANO RICONTRABILI DIFFERENZE SIGNIFICATIVE DALL'ANALISI VISIVA DELLE FORNITURE. IN CASO DI ESITO NEGATIVO DEI CONTROLLI DI QUALIFICAZIONE L'INTERA PARTITA DI MATERIALE DA CUI È STATO PRELEVATO IL CAMPIONE RAPPRESENTATIVO DOVRÀ ESSERE RIFIUTATA; IN CASO DI ESITO NEGATIVO DEI CONTROLLI DI QUALIFICAZIONE EFFETTUATI CON FREQUENZA RIDOTTA DOVRÀ ANCHE ESSERE RIPRISTINATA LA FREQUENZA INIZIALE PER IL CONTROLLO DELLE SUCCESSIVE FORNITURE DI MATERIALE.

### 9.6.13 Tolleranze d'esecuzione dei piani di progetto

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 2$  cm, misurati sul piano di posa dello strato di fondazione.

La misura delle tolleranze, eseguita in contraddittorio con la Direzione Lavori, dovrà essere effettuata mediante regolo di 3 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti verranno misurati in direzione normale ai piani considerati (Norma UNI EN 13036-7). I controlli di esecuzione sono effettuati di norma ogni 200 mq. Ad integrazione delle verifiche con regolo da 3 m, la verifica della tolleranza di esecuzione del piano di progetto dovrà anche essere eseguita mediante controllo topografico.

## 9.7 Strato di Fondazione in misto granulare non legato

### 9.7.1 Materiali

Nel presente progetto è previsto l'utilizzo di misto granulare stabilizzato meccanicamente, costituito da "inerti freschi" di cava. Ai fini del presente progetto con tale termine si intendono solo materiali provenienti da cava, per i quali si applicano integralmente le prescrizioni di seguito riportate.

Il misto granulare sarà costituito da una miscela di materiali non gelivi, privi di materie organiche, stabilizzata meccanicamente. Per la frazione grossa di tale miscela (trattenuto al crivello da 2 mm) si possono impiegare materiali nelle condizioni in cui si trovano in natura e/o corretti con misto di frantoio a condizione che dopo l'eventuale correzione granulometrica e miscelazione siano rispettate le seguenti prescrizioni:

privo di sostanze organiche e di radici;

equivalente in sabbia > 35-60;

coefficiente Los Angeles del trattenuto al setaccio da 4 mm di apertura < 40;

limite liquido della frazione passante al setaccio da 0,42 mm (CNR-UNI 10014) < 25;

indice di plasticità (CNR-UNI 10014): non plastico;

indice CBR di provini costipati alla massa volumica del 100% AASHO Mod., dopo immersione in acqua per 4 gg. (CNR-UNI 10009) > 50; Tale valore dovrà essere soddisfatto in un intervallo dell'umidità di costipamento del 4% attorno al valore dell'umidità ottima;

composizione granulometrica compresa nel seguente fuso:

	Apertura dei crivelli o setacci (mm)	Percentuale in massa del passante
Crivelli	71	100
	30	70÷100
	10	30÷70
	5	23÷55
	2	15÷40
Setacci	0,4	8÷25
	0,075	2÷25

- rapporto fra passante al setaccio da 0,075 millimetri e passante al setaccio da 0,4 millimetri < 2/3.

### 9.7.2 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 al paragrafo 17.3.1. Sulla miscela dovrà essere effettuata la prova AASHTO modificata come descritto nelle norme CNR n. 69 - 1978 per conoscere la massima massa volumica del secco e la quantità ottima di acqua di compattazione.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Ad ogni mutazione delle caratteristiche della miscela, sia per provenienza, sia per tecnica di miscelazione, andrà ripetuta la documentazione di qualifica del materiale.

### **9.7.3 Modalità costruttive**

La miscela di inerti dovrà essere preparata fuori opera. I vari componenti dovranno essere mescolati nelle richieste proporzioni in appositi mescolatori e quindi la miscela risultante accumulata con modalità ad attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, richiesti dal progetto ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale sarà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazioni dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Appaltatore.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e la modalità di costipamento verranno determinate dalla D.L. con una prova sperimentale, usando le miscele appositamente messe a punto (prove di costipamento).

### **9.7.4 Controlli**

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono di seguito indicati.

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
Tipo di Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi ogni 15 giorni	Riferimento paragrafo 10.4.1
Aggregato fino	Impianto	Iniziale, poi ogni 15 giorni	Riferimento paragrafo 10.4.1
Miscela	Strato finito	Giornaliera, oppure ogni 1.000 mc di stesa	Curva granulometrica di progetto
Sagoma	Strato finito	Maglia reticolo di controllo 10x10 m	Sagoma e quote previste in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera, oppure ogni 1.000 mq di stesa	95% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito	Ogni 1.000 mq di fascia stesa	> 800 kg/cmq

In alternativa o ad integrazione alle prove di portanza sopra indicate, su indicazione della Direzione Lavori potranno essere effettuate prove di deflessione tipo LWD, i cui livelli di deflessione (e quindi di modulo elastico) verranno determinati nel corso del campo prove.

Le caratteristiche di accettazione di materiali elencate al paragrafo 10.4.1 saranno verificate prima dell'inizio dei lavori e successivamente almeno ogni 15 giorni, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, e, comunque, ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali.

La granulometria del misto granulare, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, dovrà essere verificata con la frequenza indicata nella precedente tabella, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo aver effettuato il costipamento.

Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammesse variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso assegnato.

L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

### 9.7.5 Costipamento

A compattazione ultimata, la densità del secco in sito non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e riportato nello studio preliminare di accettazione di cui al precedente paragrafo 17.3.2. Le misure della densità saranno effettuate secondo la norma (CNR 22/72). Le aree ove si registreranno valori di densità in sito inferiori al minimo di cui sopra non si considereranno accettate e dovranno essere nuovamente lavorate fino alla definitiva accettazione, conseguente alla ripetizione con esito favorevole delle prove.

Il confronto tra le misure di densità in sito ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare in controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 25 mm:

$$\gamma_{\text{sito}} = \frac{P_d - P'd}{\quad}$$

---

$$V - V'$$

Pd: Peso secco totale del materiale prelevato

V: Volume totale occupato in sito

P'd: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

V' = P'd/γs: Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

γs: Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

### 9.7.6 Portanza

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere un valore del modulo di deformazione Md misurato al 1° ciclo di carico nell'intervallo compreso fra 1,5 e 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> non inferiore a 800 Kg/cm<sup>2</sup>. Tale misura sarà effettuata in un tempo compreso fra 3 e 12 ore dall'effettuazione del costipamento. Qualora la miscela contenga fino al 25% un peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm si eseguirà il controllo di densità in sito. In tal caso la densità in sito dovrà risultare non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D).

In alternativa o ad integrazione alle suddette prove, su indicazione della Direzione Lavori potranno essere effettuate prove di deflessione tipo LWD, i cui livelli di deflessione (e quindi di modulo elastico) verranno determinati nel corso del campo prove.

Per entrambi i tipi di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5 (come può avvenire nelle parti d'opera a sezione ristretta), tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime precedentemente riportate.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati di una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, perché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 2,5%, per le misure di densità secca γs;
- il 5%, per le misure di portanza (Modulo Md o altra grandezza).

Le aree ove si registreranno valori di densità in sito e di portanza inferiori al minimo di cui sopra non si considereranno accettate e dovranno essere nuovamente lavorate fino alla definitiva accettazione, conseguente alla ripetizione con esito favorevole delle prove.

Tutti i fori aperti sullo strato finito per il prelievo di campioni, dovranno essere, a cura e spese dell'Appaltatore, immediatamente riempiti con calcestruzzo magro cui dovrà seguire una perfetta compattazione.

### 9.7.7 Sagoma

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane e non dovranno scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La verifica delle quote di progetto sarà eseguita con procedimento topografico, verificando la congruenza delle quote rilevate con quelle previste.

Sullo strato di fondazione compattato in conformità delle prescrizioni indicate e accettato dalla Direzione Lavori, si procederà alla posa in opera dello strato superiore senza far trascorrere tra le due fasi di lavoro un intervallo di tempo troppo lungo, che comunque dovrà essere stabilito a giudizio della Direzione Lavori.

9.8 Strato di sottobase in misto cementato confezionato in centrale

#### 9.8.1 Premessa

Il misto cementato sarà costituito da una miscela di aggregati (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. Nel presente progetto la miscela di aggregati da impiegarsi sarà formata da "inerti freschi" di cava. Allo strato così formato si applicano integralmente le prescrizioni di seguito riportate.

#### 9.8.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

##### INERTI

Per quanto riguarda gli inerti freschi di cava, 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 D.L. potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito. In questo caso la miscela finale deve essere tale da 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 0,075 mm.

La miscela di aggregati formata da inerti freschi dovrà possedere i seguenti requisiti:

- aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR B.U. n°34 del 28.3.73) non superiore al 30% in peso;
- equivalente in sabbia compreso tra 30 e 60 (CNR B.U. n°27 del 30.3.72)
- indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico)
- granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR B.U. n° 23 del 14.12.1971):

	Apertura dei crivelli o setacci (mm)	Percentuale in massa del passante
Crivelli UNI2334	40	100
	30	80÷100
	25	72÷90
	15	53÷70
	10	40÷55
Setacci UNI2332	5	28÷40
	2	18÷30
	0,4	8÷18
	0,18	6÷14
	0,075	5÷10

#### LEGANTE

Deve essere impiegato cemento di tipo I (Portland), di tipo III (d'alto forno) o di tipo IV (pozzolanico), di classe 32,5.

A titolo indicativo il dosaggio del cemento deve essere compresa tra il 2,5% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti.

#### ACQUA

Deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. 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.

#### **9.8.3 Studio della miscela in laboratorio**

L'impresa deve proporre alla D.L. la composizione granulometrica e le caratteristiche della miscela che intende adottare.

La percentuale di cemento e la percentuale d'acqua saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242cm<sup>3</sup>).

Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno 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 crivello UNI 25 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 confezione 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 crivello da 25 mm), potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per la variazione di percentuale di legante. I provini devono avere resistenza a compressione a 7 gg. non minori di 30 daN/cm<sup>2</sup> e non superiori a 50 daN/cm<sup>2</sup>, ed a trazione secondo la prova brasiliana non inferiori a 2,5 daN/cm<sup>2</sup>. 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  $\pm 15\%$  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.

#### **9.8.4 Formazione e confezione delle miscele**

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, 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.

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali di aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso. Per la percentuale di cemento è ammessa una variazione di  $\pm 0,5 \%$ .

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

#### **9.8.5 Posa in opera e tempo di maturazione**

Al fine di controllare l'efficienza della vibrofinitrice, dei rulli, la lavorabilità e le caratteristiche del misto cementato, l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, e sotto lo stretto controllo della Direzione Lavori, provvedere a stese di prova di almeno 320 mq circa (almeno 80 m di lunghezza per almeno 4 metri di larghezza) per ogni tipo di miscela proposta. La prova di stesa è quella che fornisce il riscontro che la miscela proposta dall'Appaltatore con gli studi preliminari di accettazione, è correttamente formulata in

relazione all'intero ciclo produttivo e lavorativo proposto dall'Appaltatore, a conseguire, in rapporto agli spessori da mettere in opera, i risultati prestazionali richiesti nel presente progetto.

Pertanto, solo a seguito dell'esito positivo delle stese di prova la Direzione Lavori rilascerà l'approvazione degli studi preliminari di accettazione e più in generale sul procedimento di produzione di lavorazione proposto dall'Appaltatore.

A seguito dell'esito positivo delle prove e quindi una volta che le miscele proposte siano state approvate dalla Direzione Lavori, queste dovranno conservare le caratteristiche approvate per tutta la durata dei lavori.

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura, evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di addensamento dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. A titolo indicativo potranno essere utilizzate nell'ordine le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18t;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18t.

La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia. Tuttavia, a discrezione della D.L., potrà essere consentita la stesa a temperature diverse. In questo caso però deve essere necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); deve essere inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa devono essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola, si deve provvedere, prima della ripresa della stesa, a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate saranno specificatamente autorizzate dal Direttore dei Lavori e saranno consentite solo se previste nella determinazione della resistenza raggiunta dal misto cementato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

### 9.8.6 Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura deve essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1 - 2 Kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed all'intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

### 9.8.7 Controlli

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella successiva tabella.

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale	Riferimento paragrafo 10.5.2
Aggregato fino	Impianto	Settimanale	Riferimento paragrafo 10.5.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento paragrafo 10.5.2
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento paragrafo 10.5.2
Misto cementato fresco	Vibro finitrice	Giornaliera	Curva granulometrica di progetto. Contenuto di cemento
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100 m di stesa	Spessore previsto in progetto
Sagoma	Strato finito	Maglia reticolo di controllo 10 x 10 m	Sagoma e quote previste in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 mq di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito	Giornaliera, oppure ogni 5.000 mq di stesa	> 1.500 kg/cm <sup>q</sup>

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati i controlli della percentuale di cemento e della distribuzione granulometrica dell'aggregato. I valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli esposti nello studio approvato dalla Direzione Lavori. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6395 (il contenuto di fino (passante al setaccio UNI 0,25) degli aggregati è quello che risulta dai controlli effettuati sulle singole pezzature di aggregato fino ed aggregato grosso).

Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Inoltre al fine di verificare sia lo spessore dello strato di cementato posto in opera che la congruenza delle quote di estradosso dello strato rispetto alle quote finite della pavimentazione verrà eseguito dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa un rilievo topografico con una maglia di 10x10 m. In caso di discordanze la Direzione Lavori fornirà all'Impresa le necessarie istruzioni per ricondurre le differenze riscontrate entro termini accettabili.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% delle misure effettuate, non deve essere inferiore al 98% (pena la demolizione e il rifacimento, a cura e spese dell'Appaltatore, dell'area pavimentata il cui addensamento risulterà carente) del valore di riferimento (ottimo) misurato sulla miscela di progetto approvata dalla Direzione Lavori. Le misure della densità saranno effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR n. 22.

Il valore del modulo di deformazione Md al 1° ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 1,5 e 2,5 kg/cmq, rilevato in un tempo compreso fra 3 e 12 ore dalla compattazione non dovrà risultare inferiore a 1.500 kg/cmq.

## 9.9 Pavimentazione in conglomerato bituminoso

### 9.9.1 Generalità

I conglomerati bituminosi a caldo sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume tal quale o modificato, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

Con riferimento a quanto stabilito nelle presenti Norme Tecniche, i materiali da impiegare nelle pavimentazioni bituminose dovranno corrispondere ai requisiti riportati nei successivi paragrafi.

La scelta di un tipo di materiale rispetto ad un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta in base al giudizio della D.L. la quale si assicurerà comunque che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

In considerazione delle prescrizioni riportate nel presente articolo sulla natura dei materiali da impiegarsi, sulle loro caratteristiche e dosaggi, nonché sulle esperienze pregresse maturate nel corso dei lavori realizzati secondo dette prescrizioni, si precisa che il peso per unità di volume in opera sarà dell'ordine di  $2,30 \div 2,35$  t/mc.

### 9.9.2 Marcatura CE

I conglomerati bituminosi, per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme armonizzate della serie UNI EN 13108, Miscele bituminose - Specifiche del materiale ed essere dotati inderogabilmente di marcatura CE.

Per quanto riguarda le informazioni da riportare sul marchio CE da apporre sulle miscele tradizionali, accanto ai requisiti "general" (distribuzione granulometrica, percentuale dei vuoti, temperatura) è data facoltà di richiederne altri, che variano in dipendenza dall'approccio seguito per la caratterizzazione dei conglomerati bituminosi.

L'approccio empirico specifica il conglomerato attraverso la sua ricetta compositiva, basandosi su parametri propri della miscela dai quali si possono dedurre le prestazioni della stessa.

Esempi di requisiti empirici sono (UNI EN 13208-1, Allegato ZA.1a):

- parametri Marshall;
- vuoti riempiti con bitume (VFB);
- vuoti nella miscela di aggregati (VMA).

L'approccio fondamentale definisce invece il conglomerato in termini di dati prestazionali direttamente misurati, i quali garantiscono che la miscela nel suo complesso ed i singoli materiali costituenti soddisfano i requisiti progettuali assunti in sede di calcolo della pavimentazione.

Esempi di requisiti fondamentali sono (UNI EN 13208-1, Allegato ZA.1b):

- rigidità;

- resistenza alla fatica.

Nel presente caso i requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione ed alla consegna (valori di soglia);
- contenuto minimo di legante (categoria e valore reale);
- composizione granulometrica (valore %);
- percentuale dei vuoti a 10 rotazioni (categoria e valore reale).

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE, ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

A seguire è riportato un esempio di marchio CE elaborato con metodo empirico.

n.organismo notificato			
<b>SOCIETA'</b> <b>08</b> n. certificato			
<b>EN 13108-1</b> <b>Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate</b> <b>CB 12,5 USURA BM 50/70</b> <b>Impianto di xxxxxxx</b>			
<b>Requisiti generali + Requisiti empirici</b>			
Contenuto di vuoti			
– massimo	$V_{max}$	NPD	
– minimo	$V_{min}$	NPD	
Minimo di vuoti riempiti da bitume	$VFB_{min}$	NPD	
Massimo di vuoti riempiti da bitume	$VFB_{max}$	NPD	
Vuoti nell'aggregato minerale	$VMA_{min}$	NPD	
<b>Contenuto di vuoti dopo 10 rotazioni</b>	<b><math>V10G_{min}</math></b>	<b>11</b>	
Sensibilità all'acqua	ITSR	NPD	
Resistenza all'abrasione da pneumatici scolpiti (chiodati):	$Abr_A$	NPD	
Reazione al fuoco	Euroclass	NPD	
<b>Temperatura della miscela</b>	<b>da</b>	<b>140°C</b>	<b>a 180°C</b>
<b>Granulometria:</b>			
<b>(passante al setaccio)</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	
	<b>12,5</b>	<b>95%</b>	
	<b>8</b>	<b>80%</b>	
	<b>4</b>	<b>49%</b>	
	<b>2</b>	<b>31%</b>	
	<b>0,5</b>	<b>15%</b>	
	<b>0,25</b>	<b>12%</b>	
	<b>0,063</b>	<b>8,0%</b>	
<b>Contenuto di legante</b>	<b><math>B_{min}</math></b>	<b>4,6%</b>	
Valori Marshall			
minima stabilità	$S_{min}$	NPD	
massima stabilità	$P_{max}$	NPD	
scorrimento	F	NPD	
minima rigidità	$Q_{min}$	NPD	
Resistenza alla deformazione permanente			
Dispositivo grande: profondità del solco	P	NPD	
Dispositivo piccolo: pendenza del solco	$WTS_{AIR}$	NPD	
Dispositivo piccolo: profondità del solco	$PRD_{AIR}$	NPD	
Condizioni di prova determinate secondo la UNI EN 13108-20			

### 9.9.3 Prescrizioni generali riguardanti gli aggregati e gli additivi

Gli aggregati di cui si prevede l'impiego dovranno essere conformi 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*; è altresì obbligatoria l'attestazione di conformità CE, con riferimento alla quale il D.M. 16/11/2009 specifica il sistema di attestazione della conformità e le caratteristiche tecniche da dichiarare a cura del fabbricante.

Le rocce dalla cui frantumazione proverranno gli aggregati devono essere compatte, uniformi di struttura e di composizione, sane e prive di elementi decomposti o alterati da azione atmosferica, particolarmente dure, con assoluta preferenza per le rocce di origine ignea, con eccezione per lo strato di base per il quale possono essere accettati i calcari compatti il cui coefficiente Los Angeles non dovrà essere superiore a 30.

I singoli elementi dovranno essere il più possibile poliedrici, con spigoli vivi, taglienti, non allungati, piatti o lamellari. Le graniglie saranno ottenute con appositi granulatori, opportunamente vagliate in modo d'essere anche spogliate dei materiali polverulenti provenienti dalle frantumazioni.

Gli aggregati fini saranno costituiti da sabbie naturali o di frantumazione, dure, vive, aspre al tatto, prive di elementi lamellari, di forma prevalentemente sferica o cubica esenti dal terriccio, argilla od altre materie estranee. Le sabbie non dovranno contenere un tenore di passante al setaccio UNI EN 0,063 maggiore del 2% determinato secondo la Norma UNI EN 933-1.

In particolare, tutti gli inerti dovranno essere puliti ed esenti da polvere o fango che impediscano l'adesione del bitume e non dovranno essere presenti grumi di argilla.

In caso contrario dovranno essere preventivamente lavati. Dovranno inoltre non essere idrofili con limitazione ai valori massimi specificati per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

Nel caso in cui gli aggregati risultassero idrofili, potranno, a giudizio della Direzione Lavori, essere ugualmente accettati, purché, per la produzione degli impasti bituminosi, venga fatto uso di un "dope di adesione" o di un adeguato quantitativo di calce in sostituzione del normale filler calcareo.

#### DOPES DI ADESIONE

Nella produzione di conglomerati bituminosi, in caso di aggregati di natura silicea (ad es. porfido), sono impiegate sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi). Il dosaggio dovrà variare a seconda delle condizioni d'impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

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

Il tipo e la quantità di attivante d'adesione dovrà essere valutato in fase di qualifica preliminare dei materiali con approvazione della Direzione Lavori.

In questo caso dopo la prova di rivestimento e spogliamento (secondo la Norma UNI EN 12697-11), da effettuarsi con l'aggregato e con il legante bituminoso impiegati in ogni caso specifico dopo aver aggiunto al legante il tipo e dosaggio di additivo approvati dalla D.L., la superficie degli elementi litici rimasta rivestita dal film bituminoso dovrà essere superiore al 95%.

Ad integrazione o in sostituzione della prova anzidetta, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che l'affinità inerte-bitume sia valutata mediante prove di sensibilità all'acqua condotte secondo la Norma UNI EN 12697-12, che prevede il confronto dei valori di resistenza a trazione indiretta di due serie di provini di conglomerato bituminoso, una (dry) stagionata a temperatura ambiente, l'altra (wet) collocata in un bagno d'acqua alla temperatura di 40 °C.

Si dovrà verificare in tal caso che il rapporto ITSr (Indirect Tensile Strength Ratio) tra valori wet e dry risulti superiore ai valori di soglia riportati nel prosieguo delle presenti Norme Tecniche per le diverse

tipologie di conglomerato bituminoso e che, ad un esame visivo, sulla superficie di rottura dei provini non risultino evidenti superfici esterne di aggregati non rivestite di legante.

L'additivo minerale (filler) dovrà essere costituito da cemento tipo I (Portland) 32,5, da calce idrata (in proporzioni che saranno stabilite dalla D.L. in sede di studio delle miscele) e da polvere calcarea di frantoio a struttura amorfa, e dovrà risultare perfettamente asciutto e privo di agglomerazioni.

Agli stessi effetti, il cosiddetto "filler di recupero" (costituito dalla frazione passante al setaccio UNI EN 0,063 mm ed eventualmente presente negli aggregati e proveniente dal materiale aspirato e raccolto dai cicloni dell'impianto di mescolamento durante il passaggio degli inerti nel cilindro essiccatore) potrà essere incluso nell'impasto, previa approvazione della D.L.

Il cemento Tipo I (Portland) normale e la calce idrata dovranno soddisfare i relativi requisiti stabiliti nelle Norme sui leganti cementizi e sulle calce in precedenza indicati.

#### **9.9.4 Prescrizioni generali riguardanti il bitume**

Il bitume dovrà essere caratterizzato in conformità alle Norme UNI EN 12591, Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali e, se è il caso, UNI EN 14023, Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri, le quali costituiscono il riferimento per la marcatura CE.

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 58.

Stanti le premesse del presente paragrafo, il legante sarà del tipo di seguito specificato per le diverse tipologie di miscele bituminose previste nell'ambito del presente progetto e verrà mescolato negli impasti in quantitativi espressi come misura percentuale della massa degli inerti.

La percentuale ottima di bitume per ogni genere di conglomerato bituminoso sarà 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), come di seguito specificato.

#### **9.9.5 Strato di base in conglomerato bituminoso a caldo tradizionale**

##### DESCRIZIONE

Lo strato di base in conglomerato bituminoso a caldo tradizionale è costituito da una miscela di aggregati naturali (pietrisco, pietrischetto, graniglia e sabbia) e di additivo (filler), impastata con bitume a caldo, 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.

##### MATERIALI

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.

A) 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 in 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%.

B) AGGREGATO FINO

L'aggregato fino, frazione di inerte passante al setaccio UNI EN 4 mm e trattenuto al setaccio UNI EN 0,063 mm, 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).

C) ADDITIVO MINERALE (FILLER)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, alla prova UNI EN 933-10 dovranno soddisfare le seguenti limitazioni:

- setaccio UNI EN 2 mm                      passante in peso: 100%
- setaccio UNI EN 0,125 mm                      passante in peso: 85 - 100%
- setaccio UNI EN 0,063 mm                      passante in peso: 70 - 100%

D) BITUME

Il legante presente nel conglomerato bituminoso sarà costituito da un bitume di tipo B50/70, rispondente alla Norma UNI EN 12591, Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali ed avente le caratteristiche indicate nella successiva tabella. Il prelevamento dei campioni dovrà avvenire in conformità a quanto prescritto dalla Norma UNI EN 58.

BITUME TAL QUALE 50/70			
PARAMETRO	NORMATIVA	UNITÀ DI MISURA	VALORE
PENETRAZIONE A 25 °C	UNI EN 1426	DMM	50-70
PUNTO DI RAMMOLLIMENTO	UNI EN 1427	°C	46-54
PUNTO DI ROTTURA (FRAASS)	UNI EN 12593	°C	≤ -8
SOLUBILITÀ IN TRICLOROETILENE, MIN.	UNI EN 12592	%	≥ 99
VISCOSITÀ DINAMICA A 60 °C	UNI EN 12596	PAXS	≥ 145
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	≤ 11

#### E) 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.

#### 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 ed 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.

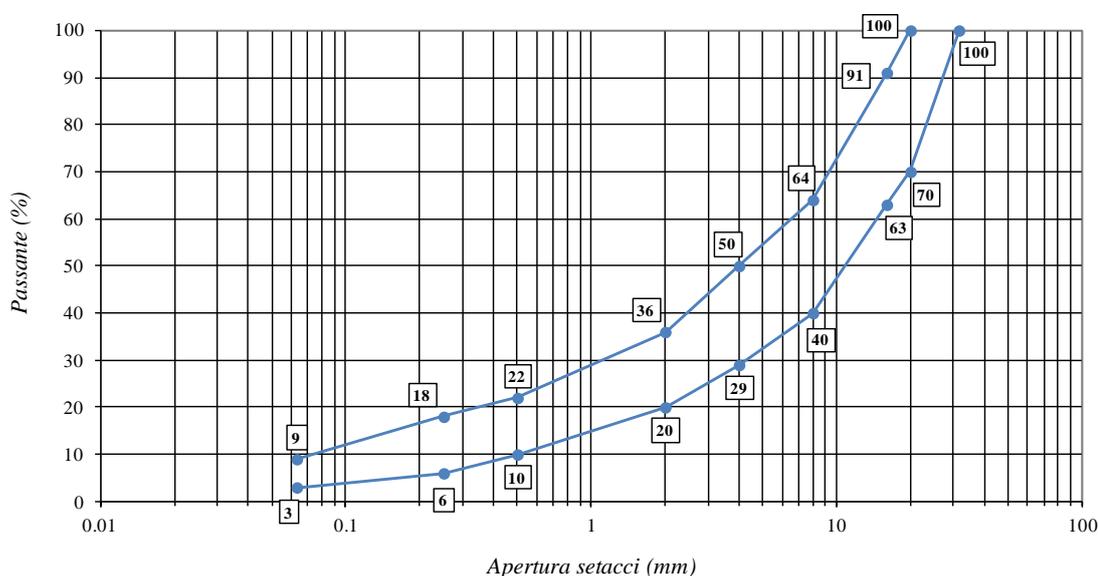
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 3$  punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0,063 mm contenuti in  $\pm 1,5$  punti. Per la percentuale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

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 100 ROTAZIONI (%) (*)	3 - 6
VUOTI A 180 ROTAZIONI (%) (*)	≥ 2
(*) DETERMINATI SECONDO LA NORMA UNI EN 12697-8	

Le miscele risultanti dallo studio mediante pressa giratoria (compattate a 180 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 (N/MMQ)	0,72 – 1,40
CTI (N/MMQ)	≥ 65

#### **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 8 kN;
- lo scorrimento dovrà risultare compreso fra 2 e 5 mm;
- la rigidità (rapporto fra stabilità e scorrimento) dovrà risultare superiore a 2,5 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%.

## QUALITÀ DELLA COMPATTAZIONE

Le carote o i tasselli indisturbati di impasto bituminoso prelevati dallo strato steso in opera, a rullatura ultimata, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 98% di quella di provini confezionati in laboratorio con metodo volumetrico (a 100 giri) o metodo Marshall (a 75 colpi), pena demolizione e rifacimento a cura e spese dell'Appaltatore dell'area pavimentata il cui addensamento risulterà carente.

### **9.9.6 Strato di binder in conglomerato bituminoso a caldo tradizionale**

#### DESCRIZIONE

Lo strato di binder in conglomerato bituminoso a caldo tradizionale è costituito da una misceladi aggregati naturali (pietrisco, pietrischetto, graniglia e sabbia) e di additivo (filler), impastata con bitume a caldo, 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.

#### Materiali

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.

#### A) AGGREGATO GROSSO

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

- provenienza da frantumazione di rocce di origine ignea (UNI EN 932-3);
- 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;
- 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%.

#### B) 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 UNI EN 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).

#### C) ADDITIVO MINERALE (FILLER)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

- setaccio UNI EN 2 mm                      passante in peso 100%
- setaccio UNI EN 0,125 mm                      passante in peso 85 - 100%
- setaccio UNI EN 0,063 mm                      passante in peso 70 - 100%

#### D) BITUME

Il legante presente nel conglomerato bituminoso sarà costituito da un bitume di aggiunta, tipo B50/70, rispondente alla Norma UNI EN 12591, Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali ed avente le caratteristiche indicate nella successiva tabella. Il prelevamento dei campioni di bitume di aggiunta dovrà avvenire in conformità a quanto prescritto dalla Norma UNI EN 58.

BITUME TAL QUALE 50/70			
PARAMETRO	NORMATIVA	UNITÀ DI MISURA	VALORE
PENETRAZIONE A 25 °C	UNI EN 1426	DMM	50-70
PUNTO DI RAMMOLLIMENTO	UNI EN 1427	°C	46-54
PUNTO DI ROTTURA (FRAASS)	UNI EN 12593	°C	≤ -8
SOLUBILITÀ IN TRICLOROETILENE, MIN.	UNI EN 12592	%	≥ 99
VISCOSITÀ DINAMICA A 60 °C	UNI EN 12596	PAXS	≥ 145
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	≤ 11

#### E) 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 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.

#### 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.

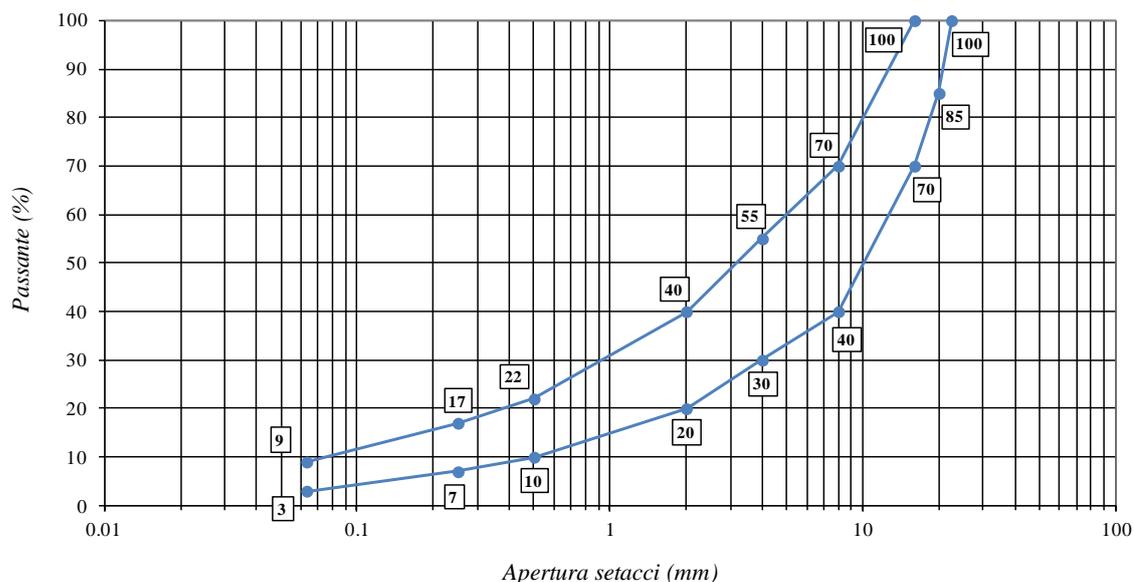
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 3$  punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 3$  punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0,063 mm contenuti in  $\pm 1,5$  punti. Per la percentuale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

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 non meno di 4 distinte pezzature di aggregati, Produzione di c.b. a caldo e messa in opera – Preparazione degli impasti: 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 totale nell'impasto sarà indicativamente compreso fra il 4,5 ed il 5,5% 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 4 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)	100
RISULTATI RICHIESTI	
VUOTI A 10 ROTAZIONI (%) (*)	11 - 15
VUOTI A 100 ROTAZIONI (%) (*)	3 - 6
VUOTI A 180 ROTAZIONI (%) (*)	≥ 2

(\*) DETERMINATI SECONDO LA NORMA UNI EN 12697-8

Le miscele risultanti dallo studio mediante pressa giratoria (compattate a 180 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.

<b>RT (N/MMQ)</b>	<b>0,72 - 1,40</b>
<b>CTI (N/MMQ)</b>	<b>≥ 65</b>

### **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 6% 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%.

### QUALITÀ DELLA COMPATTAZIONE

Le carote o i tasselli indisturbati di impasto bituminoso prelevati dallo strato steso in opera, a rullatura ultimata, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 98% di quella di provini confezionati in laboratorio con metodo volumetrico (a 100 giri) o metodo Marshall (a 75 colpi), pena demolizione e rifacimento a cura e spese dell'Appaltatore dell'area pavimentata il cui addensamento risulterà carente.

### **9.9.7 Strato di binder in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato**

#### DESCRIZIONE

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 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.

#### MATERIALI

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.

#### A) 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 in 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%.

#### B) 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).

#### C) 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	$\Delta$ PA	$\geq 5$

#### D) 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	$\leq -12$
VISCOSITÀ DINAMICA A 160 °C	UNI EN 13302	PAXS	$\geq 0,2$
RITORNO ELASTICO A 25 °C	UNI EN 13398	%	$\geq 80$
VALORI DOPO RTFOT (UNI EN 12607-1)			
PERDITA PER RISCALDAMENTO (VOLATILITÀ) A 163 °C	UNI EN 12607-1	%	$\leq 0,8$
PENETRAZIONE RESIDUA A 25 °C	UNI EN 1426	%	$\geq 60$
INCREMENTO DEL PUNTO DI RAMMOLLIMENTO	UNI EN 1427	°C	$\leq 5$

#### E) 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 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.

#### 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 ed il tipo di miscela che intende adoperare.

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

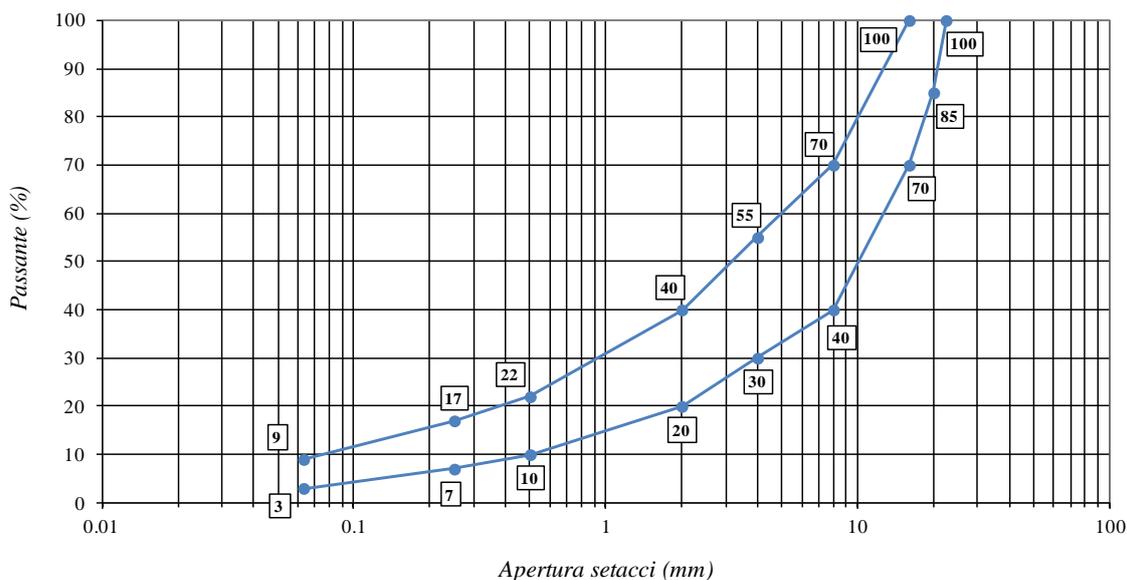
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 3$  punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 3$  punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0,063 mm contenuti in  $\pm 1,5$  punti. Per la percentuale 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 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 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 4,5% ed il 5,5% 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 compreso fra il 4 e 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)	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.

<b>Rt (N/MMQ)</b>	<b>0,95 - 1,70</b>
<b>CTI (N/MMQ)</b>	<b>≥ 75</b>

#### **METODO MARSHALL**

- la stabilità, determinata come prescritto dalla UNI EN 12697-34 su provini costipati con 75 colpi su ciascuna faccia, dovrà essere superiore a 12 kN;
- lo scorrimento dovrà risultare compreso fra 2 e 4 mm;
- la rigidità (rapporto fra stabilità e scorrimento) dovrà risultare superiore a 4 kN/mm;
- la resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) non dovrà essere minore di 0,9 N/mmq;
- 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 4% e 6% in volume (secondo la UNI EN 12697-8).

Si richiede inoltre che le temperature di miscelazione e costipamento rientrino rispettivamente nei campi 160-180 °C e 160-170 °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%.

#### QUALITÀ DELLA COMPATTAZIONE

Le carote o i tasselli indisturbati di impasto bituminoso prelevati dallo strato steso in opera, a rullatura ultimata, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 98% di quella di provini confezionati in laboratorio con metodo volumetrico (a 120 giri) o metodo Marshall (a 75 colpi), pena demolizione e rifacimento a cura e spese dell'Appaltatore dell'area pavimentata il cui addensamento risulterà carente.

#### **9.9.8 Strato di usura in conglomerato bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato**

##### DESCRIZIONE

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.

## MATERIALI

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.

### A) 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 PSV<sub>mix</sub>\* (UNI EN 1097-8) deve risultare non inferiore a 44 (PSV<sub>44</sub>);
- 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 (PSV<sub>mix</sub>)

Il PSV<sub>mix</sub> 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 PSV<sub>mix</sub> considera in gioco 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  $PSV \geq 44$  (PSV<sub>44</sub>), si potranno adottare miscele con aggregati di natura petrografica diversa (miste), alcune con PSV comunque  $\geq 40$  (PSV<sub>40</sub>), escluse le sabbie, ed altre con  $PSV \geq 44$ , (PSV<sub>44</sub>) combinati tra loro in modo da ottenere un PSV<sub>mix</sub> calcolato  $\geq 44$ .

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  $PSV_{mix}$  si calcola sommando il prodotto della percentuale volumetrica di ogni pezzatura utilizzata per il relativo valore di PSV diviso per 100:

$$PSV_{mix} = \sum_i (PSV_i \cdot VOL_i) / 100$$

#### B) AGGREGATO FINO

L'aggregato fino sarà costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione, molto ben graduate, 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) > 70%;
- indice di plasticità (CNR UNI 10014) pari a zero (materiale non plastico).

#### C) 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

#### D) 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

#### E) 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 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.

#### 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.

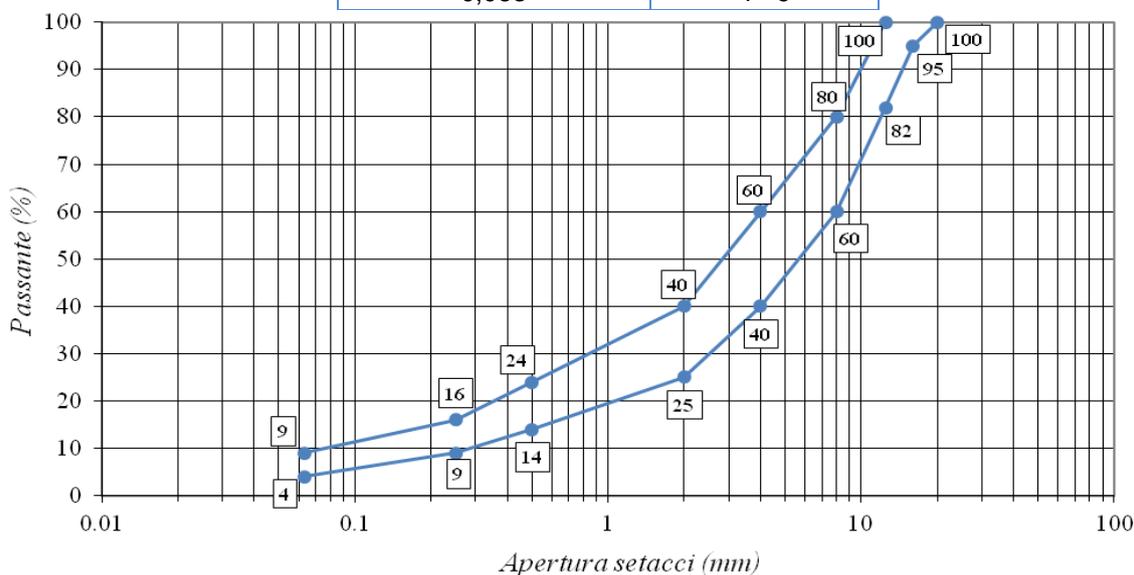
Nella curva granulometrica saranno ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 3$  punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 3$  punti e scostamenti del passante al setaccio UNI EN 0,063 mm contenuti in  $\pm 1,5$  punti. Per la percentuale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

<b>RT (N/MMQ)</b>	<b>0,95 - 1,70</b>
<b>CTI (N/MMQ)</b>	<b>≥ 75</b>

#### **METODO MARSHALL**

la stabilità, determinata come prescritto dalla UNI EN 12697-34 su provini costipati con 75 colpi su ciascuna, 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/mmq;
- 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).

Si richiede inoltre che le temperature di miscelazione e costipamento rientrino rispettivamente nei campi 160-180 °C e 160-170 °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%.

#### QUALITÀ DELLA COMPATTAZIONE

Le carote o i tasselli indisturbati di impasto bituminoso prelevati dallo strato steso in opera, a rullatura ultimata, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 98% di quella di provini confezionati in laboratorio con metodo volumetrico (a 140 giri) o metodo Marshall (a 75 colpi), pena demolizione e rifacimento a cura e spese dell'Appaltatore dell'area pavimentata il cui addensamento risulterà carente.

## 9.10 Produzione di conglomerati bituminosi a caldo e posa in opera

### 9.10.1 Preparazione degli impasti

Gli impasti dovranno essere preparati in un idoneo impianto di mescolamento a caldo, di potenzialità proporzionata all'entità complessiva del lavoro ed ai previsti tempi di esecuzione, del quale l'Appaltatore dovrà garantire, per tutta la durata dei lavori, uniformità e costanza di produzione.

Detto impianto dovrà essere munito di almeno 6 idonee tramogge predosatrici a freddo, atte ad alimentare il cilindro essiccatore con almeno 6 pezzature di aggregati in modo continuo ed uniforme secondo le proporzioni definite dalla composizione approvata. Nel riempire le tramogge a freddo l'Appaltatore dovrà usare opportuni accorgimenti in modo da evitare nel modo più assoluto il mescolamento di elementi di differenti pezzature.

Potrà essere richiesto l'impiego di 2 o più qualità di sabbia dove non sia possibile reperire un'unica qualità di sabbia di composizione idonea senza che ciò possa dar luogo a richiesta di compenso addizionale.

L'impianto di produzione potrà essere costituito da una centrale fissa di tipo discontinuo o continuo; per il confezionamento delle miscele contenenti materiale fresato dovranno essere utilizzati esclusivamente impianti continui dotati di Essiccatore Mescolatore Contro Corrente ("Drum Mixer"). Nel caso di uso di impianti discontinui sarà cura ed onere dell'Appaltatore mettere in atto tutti gli accorgimenti connessi all'accurata gestione del piazzale di accumulo degli inerti, al costante approvvigionamento degli inerti nelle pezzature stabilite nello studio Marshall approvato, al controllo dell'umidità, e ogni altro provvedimento necessario ad assicurare nel tempo la costanza dei materiali approvvigionati e di quelli prodotti, affinché la miscela bituminosa così confezionata abbia sempre le stesse caratteristiche originariamente approvate.

Il mescolamento dovrà essere protratto finché tutti gli elementi litici non siano rivestiti uniformemente; il tempo necessario dipende dalla velocità di rotazione, nonché dalla forma e dimensione delle palette di mescolamento. L'impasto dovrà poi essere scaricato in tramogge di immagazzinamento, pronto per il trasporto sul luogo di stesa.

Ad evitare qualunque forma di segregazione nella miscela, l'alimentazione degli autocarri deve comunque avvenire per caduta diretta, senza l'ausilio di scivoli o piani inclinati.

L'impianto dovrà poi assicurare:

- la perfetta essiccazione degli aggregati ed il loro riscaldamento alla temperatura d'impasto;
- la limitazione dell'emissione di polveri e/o fumi nell'atmosfera, secondo le leggi e i regolamenti antinquinamento;
- la riclassificazione a caldo (nel caso di impianti a ciclo discontinuo) degli aggregati mediante vagli vibranti in almeno quattro distinte pezzature di aggregati; il filler dovrà essere contenuto in un silos a parte;
- il corretto dosaggio a peso delle varie pezzature di aggregati, riclassificati (nel caso di impianti a ciclo discontinuo);
- lo stoccaggio separato dall'additivo minerale (filler), la sua uniforme alimentazione ed il suo corretto dosaggio;
- lo stoccaggio del bitume in quantità adeguata alla capacità di produzione dell'impianto, il suo riscaldamento alla temperatura d'impasto ed il suo corretto dosaggio in proporzione al dosaggio complessivo degli inerti;
- il mescolamento completo e uniforme degli inerti con il legante.

L'impianto di mescolamento dovrà inoltre essere munito di termometri collegati all'uscita del cilindro essiccatore, alle tramogge a caldo e alle tramogge di immagazzinamento della miscela preparata.

La cisterna del bitume dovrà essere munita di sistemi di riscaldamento di tipo adatto ad evitare surriscaldamenti locali, nonché di termostato e termometro di controllo dell'olio di riscaldamento e del bitume.

I sistemi di dosaggio, i termometri e il succitato termostato dovranno essere verificati di frequente, in modo che sia sempre assicurato il loro corretto funzionamento.

Le temperature di impasto dovranno essere normalmente le seguenti:

- Temperatura del clb 150 - 160 °C
- Temperatura del clb nel caso di impiego di bitumi modificati 160 - 180 °C
- Temperatura dell'aggregato grosso e fino 160 - 180 °C
- Temperatura dell'additivo minerale (filler) ambiente (\*)

(\*) (il filler deve essere asciutto)

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà provvedere alla taratura dell'impianto di produzione.

Per il proporzionamento delle miscele all'impianto, nel caso di impianti a ciclo discontinuo, l'Appaltatore dovrà innanzi tutto sistemare l'alimentazione a freddo tarando le saracinesche di uscita dai predosatori in modo che la distribuzione granulometrica del materiale che entra nel tamburo essiccatore sia più vicino possibile alla curva prescelta durante lo studio Marshall. L'Appaltatore procederà quindi alla determinazione granulometrica dei materiali riclassificati con prelievo di campioni di ciascuna pezzatura dalle tramogge a caldo e alla successiva taratura delle bilance degli inerti e del bitume in modo che la miscela risultante sia conforme a quella di studio.

Se, dopo aver tarato l'impianto, l'Appaltatore non riuscirà a ottenere una miscela come da studio Marshall, la Direzione Lavori richiederà lo studio di una nuova formula di lavoro impiegando gli stessi materiali riclassificati e prelevati dalle tramogge a caldo. In questo caso sarà necessario ritarare l'impianto ad iniziare dai predosatori a freddo.

In ogni caso, una volta stabilita ed accettata dalla Direzione Lavori una determinata formula di impasto, e quando l'impianto sia in fase di produzione avviata, l'Appaltatore dovrà attenersi rigorosamente alla curva di produzione per tutta la durata del lavoro. Saranno ammesse le seguenti variazioni sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica e alla percentuale di bitume prescelto:

- aggregato grosso (strato di base)  $\pm 5 \%$
- aggregato grosso (strati di binder e di usura)  $\pm 3 \%$
- aggregato fine  $\pm 3 \%$
- aggregato filler  $\pm 1,5 \%$
- bitume  $\pm 0,3 \%$

Tale accettazione non solleva peraltro in alcun modo l'Appaltatore dalla responsabilità sul raggiungimento dei requisiti finali del conglomerato in opera.

### 9.10.2 Trasporto

Le miscele debbono raggiungere il luogo di stesa praticamente nelle stesse condizioni in cui si trovano al momento della partenza dall'impianto di mescolamento; in particolare, si deve evitare una separazione degli aggregati grossi dai fini (segregazione) ed una diminuzione di temperatura.

Il trasporto degli impasti dovrà essere effettuato con autocarri a cassone metallico a perfetta tenuta, pulito. Quando la temperatura ambiente scende al di sotto di +10 °C, il cassone degli autocarri dovrà essere coperto con idonei sistemi atti a ridurre quanto più è possibile il raffreddamento dell'impasto.

Per impedire l'adesione dell'impasto al fondo ed alle pareti del cassone, queste potranno essere umettate con piccole quantità di olio o gasolio, avendo però cura di asportare ogni eccesso di tali materiali onde evitare l'inquinamento dell'impasto. Al fine di controllare l'efficacia della vibrofinitrice e dei rulli, la lavorabilità e le caratteristiche degli impasti bituminosi, sarà richiesto all'Appaltatore, a sua cura e spese e sotto lo stretto controllo della D.L., di provvedere alle stese di cui al successivo articolo.

Solamente dopo aver ottenuto l'autorizzazione della Direzione Lavori, l'Appaltatore potrà iniziare la lavorazione dei conglomerati bituminosi.

### 9.10.3 Posa in opera

#### STESE DI PROVA

Al fine di controllare l'efficienza della vibrofinitrice, dei rulli, la lavorabilità e le caratteristiche degli impasti bituminosi, l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese e sotto lo stretto controllo della Direzione Lavori, provvedere a realizzare stese di prova di almeno 320 mq circa (almeno 80 m di lunghezza per almeno 4 metri di larghezza) per ogni tipo di miscela bituminosa prevista nell'ambito del presente progetto. La prova di stesa è quella che fornisce, per ogni strato da mettere in opera, il riscontro che la miscela proposta dall'Appaltatore con gli studi preliminari di accettazione è correttamente formulata in relazione all'intero ciclo produttivo e lavorativo proposto dall'Appaltatore, a conseguire, in rapporto agli spessori da mettere in opera, i risultati prestazionali richiesti nel presente progetto.

Pertanto, solo a seguito dell'esito positivo delle stese di prova la Direzione Lavori rilascerà l'approvazione degli studi preliminari di accettazione e più in generale sul procedimento di produzione e lavorazione proposto dall'Appaltatore.

A seguito dell'esito positivo delle prove di stesa e quindi una volta che le miscele proposte siano state approvate dalla Direzione Lavori, queste dovranno conservare le caratteristiche approvate per tutta la durata dei lavori.

#### PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA E MANO D'ATTACCO

Prima di procedere alla stesa degli impasti, si dovrà effettuare un'accurata pulizia del piano di posa degli strati di collegamento e di usura, preferibilmente mediante getti di aria compressa.

Sulla superficie pulita e asciutta dello strato di base e di collegamento si dovrà applicare uniformemente una mano di attacco mediante spruzzatura di emulsione bituminosa che dovrà essere conforme alle prescrizioni di cui ai Bitumi ed emulsioni bituminose per usi stradali, e dosata in ragione di circa 1,0 ÷ 2,0 Kg/mq. La stesa dell'impasto dovrà essere effettuata subito dopo la rottura dell'emulsione bituminosa.

E' data facoltà alla D.L. di prescrivere che al disotto degli strati di usura di tipo SMA e sulle aree sottoposte a fresatura parziale di strati in clb (nel caso di risanamenti superficiali), la mano d'attacco sia realizzata mediante bitume modificato. Il legante, riscaldato alla temperatura di circa 180 °C, dovrà essere spruzzato in modo da ricoprire con spessore omogeneo la superficie stradale in quantità di 1,0 kg/mq; la tolleranza ammessa è di  $\pm 0,1$  kg/mq. Dosaggi differenti dovranno essere autorizzati dalla Direzione Lavori.

Dopo la spruzzatura della mano d'attacco in bitume modificato dovrà essere sparso un sottile velo di filler con macchinari idonei. Il filler dovrà provenire dalla frantumazione di rocce preferibilmente calcaree ed avrà una funzione antiaderente per consentire il transito dei mezzi senza che la membrana venga danneggiata. La quantità di filler deve essere la minima necessaria per impedire l'incollaggio delle ruote dei mezzi ed evitare eventuali refluenti della mano di attacco.

In presenza di umidità elevata, in alternativa al filler potrà essere fatto ricorso a pietrischetto prebitumato di classe d/D = 4/8, rispondente ai requisiti relativi all'aggregato grosso per miscele tipo SMA riportati in queste stesse Norme Tecniche. In tal caso, immediatamente dopo la spruzzatura della mano d'attacco e prima che la sua temperatura sia scesa sotto i 90 °C, si provvederà alla granigliatura, effettuando lo spargimento di pietrischetto con apposita macchina. Con anticipo di almeno una settimana sui tempi di granigliatura della mano d'attacco, il pietrischetto dovrà essere perfettamente rivestito a caldo in impianto con bitume nella quantità di 0,6÷0,8% sul peso degli inerti. Il bitume usato dovrà essere di tipo modificato ovvero additivato con lo 0,4% in peso di Dopes di adesione di provate qualità. L'operazione di granigliatura dovrà essere immediatamente seguita dall'energica rullatura con rulli muniti di cilindro rivestito di gomma al fine di ancorare alla membrana il pietrischetto prebitumato. Dopo l'operazione di rullatura seguirà l'asportazione di tutto il pietrischetto prebitumato eccedente e di quello non perfettamente ancorato alla membrana, mediante motospazzatrice aspirante. Al termine dell'operazione tutta la superficie trattata dovrà risultare esente da elementi sciolti e non aderenti. La quantità media di graniglia residua sarà mediamente di 10 ÷ 12 kg/mq.

La scelta del tipo di legante da utilizzare e del successivo trattamento antiaderente dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

#### STESA

La stesa dell'impasto dovrà essere eseguita con macchine vibrofinitrici di tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfette condizioni d'uso.

La vibrofinitrice dovrà essere munita di un'apparecchiatura elettronica di livellamento idonea ad assicurare che la stesa dell'impasto venga eseguita in modo tale che la superficie finale dello strato risulti perfettamente sagomata e conforme ai profili, alle pendenze ed agli spessori stabiliti dal progetto. In particolare, in corrispondenza delle zone per le quali il progetto prevede spessori degli strati in conglomerato bituminoso variabili e larghezze di stesa variabili, dovrà essere posta particolare cura nell'esecuzione della stesa, adottando tutti gli accorgimenti che permettano di controllare con precisione l'assetto trasversale della vibrofinitrice (guide a filo palpatore oppure guide laser).

La finitrice deve essere fatta procedere a velocità costante, dipendente dal tipo della miscela che deve essere stesa ed in rapporto alla possibilità di rifornimento. Se questa è limitata, è opportuno far sì che la finitrice proceda continuamente, ad una velocità bassa, in modo da mantenere l'operazione di stesa continua, dato che un rilevante numero di fermate può essere causa di irregolarità superficiali.

Il carico di miscela dovrà essere sempre pronto per essere scaricato nella tramoggia della finitrice la quale, al fine di impedire la formazione di segregazione nella pavimentazione, non dovrà mai essere svuotata completamente.

La stesa dell'impasto non dovrà essere eseguita quando le condizioni meteorologiche, a giudizio della Direzione Lavori, siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro, quando il piano di posa si presenti comunque sporco e/o bagnato e quando la temperatura ambiente sia inferiore a +5 °C.

La temperatura dell'impasto bituminoso, al momento della stesa, non dovrà essere inferiore a 135 °C (160-170 °C per le miscele bituminose con bitume modificato).

#### GIUNTI

I giunti longitudinali dovranno essere sfalsati di non meno di 30 cm rispetto agli analoghi giunti dello strato sottostante.

I giunti trasversali di interruzione della stesa dovranno essere sfalsati di non meno di 2 m fra strisciate adiacenti e dovranno essere rifilati a faccia verticale prima della ripresa della stesa.

Il materiale in eccesso deve essere allontanato avendo cura di non alterare la granulometria della miscela.

Quando la striscia adiacente a quella già compattata non venga stesa lo stesso giorno o se il bordo della prima striscia sia stato danneggiato, il giunto longitudinale deve essere tagliato come descritto nel seguito.

Oltre alle prescrizioni di cui sopra, per i giunti longitudinali vale quanto segue.

#### GIUNTI A CALDO

La realizzazione di giunti a caldo tramite finitrici in parallelo rappresenta la soluzione di prima scelta.

Se l'impianto di produzione del conglomerato bituminoso è in grado di alimentare più banchi di stesa in contemporanea e l'organizzazione dei movimenti di cantiere lo consente, è sempre consigliabile stendere il materiale tramite due o più finitrici affiancate e leggermente sfalsate. In questo modo si ottiene una pavimentazione sostanzialmente priva soluzioni di continuità longitudinali. Ciò è auspicabile in particolare in corrispondenza delle porzioni centrali di piste di volo e vie di rullaggio, soprattutto sugli allineamenti interessati dal carrello dell'aereo critico.

Allo stesso scopo si raccomanda l'impiego di finitrici con banchi di stesa a larghezza maggiorata (fino a 16 m).

Indicazioni:

- distanziamento tra due finitrici consecutive: 9 m;
- sovrapposizione (overlap) tra le due strisce: <25 mm.

#### GIUNTI A FREDDO

Nei casi in cui non sia possibile operare con due o più finitrici in parallelo, si seguono le seguenti fasi operative caratteristiche:

1. compattazione della prima striscia (cold lane);
2. eventuale lavorazione del giunto (taglio, applicazione di mani d'attacco);
3. stesa e compattazione della seconda striscia (hot lane) con rullatura del giunto;
4. controllo della densità e/o permeabilità del giunto realizzato.

#### COMPATTAZIONE E CONTROLLO DELLA DENSITÀ

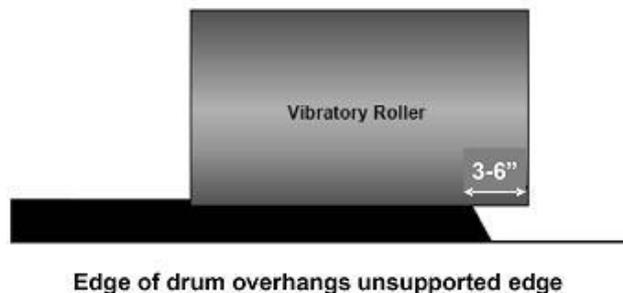
Si riportano qui di seguito alcune indicazioni inerenti i punti 1), 3) e 4) enunciati al paragrafo precedente, da considerare valide qualunque sia la modalità di realizzazione del giunto.

##### *Compattazione della prima striscia (cold lane)*

Durante la prima passata, il rullo deve sporgere oltre il giunto di circa 150 mm per garantire un'efficace compattazione dello stesso.

## Rolling Unsupported Edge

(First Paver Pass)



### *Stesa e compattazione della seconda striscia (hot lane)*

Occorre garantire un'adeguata sovrapposizione delle strisciate adiacenti per avere una compattazione appropriata in corrispondenza del giunto: durante la stesa della hot lane, l'estremità della finitrice dovrà estendersi per 25-40 mm sulla cold lane. In tal modo risulteranno minimizzate le successive operazioni manuali di accumulo e rastrellamento, preferibilmente da evitare. L'eventuale materiale in eccesso dovrà essere allontanato avendo cura di non alterare la granulometria della miscela.



Immediatamente dopo che la finitrice è passata e si è completata l'operazione di rifinitura, i giunti devono essere rullati a fondo.

La compattazione della seconda striscia dovrà avere inizio con il rullo in posizione tale da sormontare per circa 150 mm la cold lane. Al fine di ottenere superiori valori di densità, è preferibile che il rullo operi in modalità vibrante.

Il rullo dovrà poi continuare il costipamento della hot lane in modo da spingere il materiale della striscia, spostato durante la rullatura, contro il giunto precedentemente compattato.



### *Controllo della densità del giunto realizzato*

La qualità di un giunto può essere valutata misurandone la densità, che dovrà risultare non più del 2% inferiore rispetto alla densità delle strisce compattate ed almeno pari al 90% della densità teorica massima del conglomerato (ossia: %v massima = 10%).

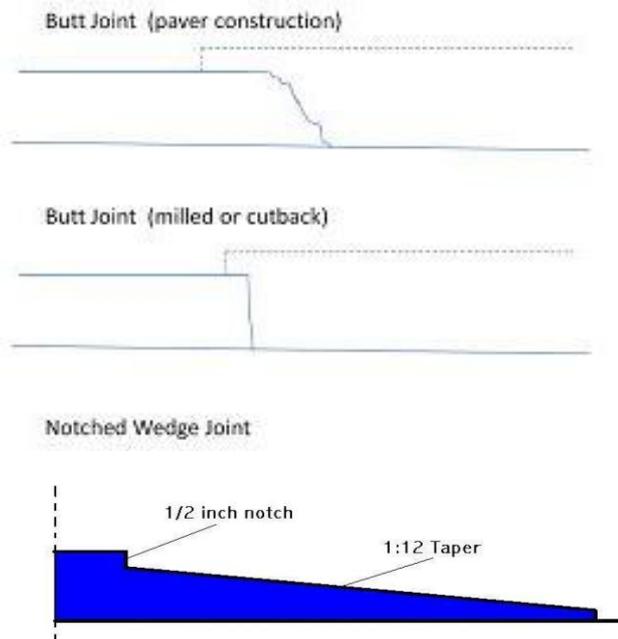
La densità del giunto si misurerà ricavando carote di diametro pari a 150 mm centrate sulla linea di separazione delle due strisciate quando questa è visibile. Si sottolinea che sia per i giunti "butt" che "notched wedge" (vedere seguito), la maggior parte del conglomerato costituente la carota così ricavata proverrà dalla cold lane, e ciò si ritiene corretto dal momento che la densità del lato freddo costituisce la maggiore problematica.

### LAVORAZIONI DEI GIUNTI

#### *Tipi di giunti*

Si distinguono sostanzialmente due tipologie di giunti:

- *butt*:
  - tal quale, ossia così come prodottosi al passaggio della finitrice;
  - tagliato;
- *notched wedge (a cuneo)*.



### Taglio del giunto

La circolare FAA AC 150/5370-10B del 25/04/2005 raccomanda di procedere al taglio del giunto nel caso in cui questo sia rimasto esposto per più di 4 ore o la sua temperatura sia calata sotto i 70 °C. Perciò, quando la striscia adiacente a quella già compattata non venga stesa lo stesso giorno, o comunque nel caso in cui il bordo della prima striscia risulti danneggiato, il giunto longitudinale dovrà essere tagliato. Si utilizzeranno allo scopo seghe a disco (vedere Figure), preferibilmente quando ancora il materiale è plastico, ottenendo una superficie liscia e praticamente verticale su cui applicare successivamente una mano d'attacco con emulsione bituminosa (in ragione di circa 0,5 kg/mq) o bitume modificato a caldo. Il taglio sarà obbligatorio per lo strato di usura, mentre per lo strato di base e di collegamento potrà essere effettuato o meno a giudizio della D.L.





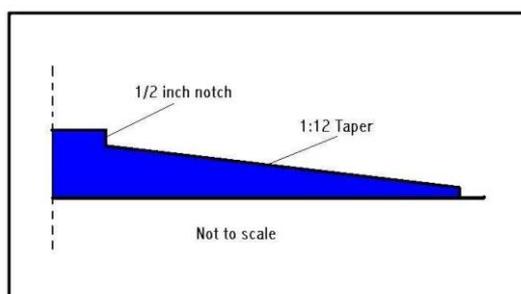
### Giunti a cuneo

Per garantire superiori prestazioni, recenti studi basati su evidenze empirico-sperimentali (Airfield Asphalt Pavement Technology Program - AAPTP) hanno sottolineato l'opportunità di adottare giunti a cuneo (notched wedge) con mano d'attacco in adesivo per giunti (tipo Crafcoc pavement joint adhesive Part Number 34524 o equivalente) applicato a caldo per uno spessore di 3 mm.

Il giunto sarà sagomato come indicato in Figura mediante un particolare accessorio (tipo Trans Tech o equivalente) montato sul banco di stesa della finitrice, ed immediatamente compattato mediante un rullo o una piastra vibrante collegati alla macchina stessa.

Si otterrà una sezione costituita da un gradino di altezza generalmente pari a 13-19 mm (in funzione della dimensione massima degli aggregati costituenti la miscela) e da un cuneo con una pendenza di 1:12. Vista la particolare conformazione, questo giunto non è adatto a spessori dello strato inferiori a 4-5 cm.

La striscia adiacente dovrà essere stesa e compattata entro le 24 ore successive alla realizzazione del giunto.



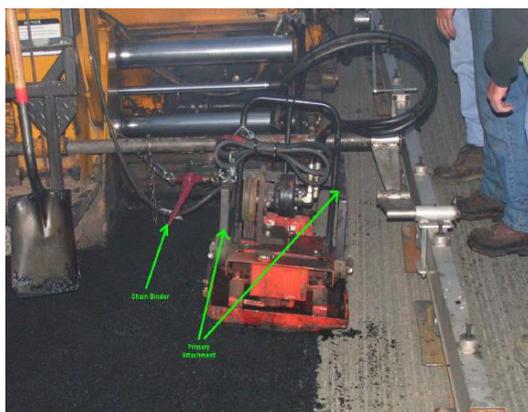
Sezione tipo di un giunto a cuneo



Piastra sagomata per l'esecuzione del giunto



Rullo per la compattazione del giunto

Piastra vibrante per la compattazione del giunto  
Giunti a cuneo

### MANI D'ATTACCO

La D.L. ha la facoltà di richiedere l'applicazione di mani d'attacco sulla superficie del giunto da realizzarsi ricorrendo ai seguenti materiali, in ordine di preferenza decrescente:

- adesivo a caldo per giunti (tipo Crafcoc pavement joint adhesive Part Number 34524 o equivalente);
- bitume modificato applicato a caldo;
- emulsione bituminosa.

### ALTRE PROCEDURE

#### *Dispositivi per il contenimento del margine*

Si tratta di apparecchiature a funzionamento idraulico predisposte per il montaggio sul rullo. Durante la compattazione della cold lane esercitano un'azione di confinamento sul bordo della strisciata favorendo il raggiungimento di livelli più elevati di densità.



### *Riscaldatori ad infrarossi*

Si tratta di apparecchiature alimentate a gas propano e costituite generalmente da tre unità in serie: le prime due (preriscaldatori) precedono la finitrice di circa 100 m, mentre l'ultima è montata sulla finitrice stessa. Le temperature raggiunte sulla superficie del giunto si aggirano di norma sui 170 °C.

#### **9.10.4 Costipamento**

Il costipamento dei conglomerati bituminosi deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotto a termine senza interruzioni; la temperatura dello strato durante il costipamento dovrà essere superiore ai 120 °C per le miscele con legante tradizionale e a 155 °C nel caso di uso di legante costituito da bitume modificato.

Il costipamento dell'impasto steso potrà essere effettuato con rulli semoventi a ruote gommate ovvero con rulli vibranti e rulli tandem a rapida inversione di marcia. Il tipo, il peso ed il numero dei rulli saranno proposti dall'Appaltatore in relazione al sistema ed alla capacità di stesa ed allo spessore dello strato da costipare.

Nella definizione del tipo di rulli da impiegare l'Appaltatore dovrà tener conto dell'entità degli spessori di conglomerato da costipare e del fatto che i rulli proposti dovranno, tra l'altro, essere idonei a compattare, per ciascuna miscela prevista in progetto, l'intero spessore posto in opera.

In ogni caso il sistema di rullatura prescelto dovrà essere tale da assicurare il prescritto addensamento in tutto lo spessore dello strato lavorato, nonché l'adeguata finitura e sagomatura della sua superficie. L'operazione di rullatura dovrà essere iniziata alla più alta temperatura possibile dell'impasto steso, cioè il primo rullo gommato dovrà seguire la finitrice il più vicino possibile, evitando però ogni scorrimento dell'impasto sotto le ruote del rullo.

Allo stesso scopo di compattare l'impasto senza spostarlo, i rulli dovranno essere orientati in modo da rivolgere le ruote motrici verso la finitrice.

Inizialmente si procederà a costipare il giunto longitudinale con la striscia precedentemente stesa; si passerà quindi a rullare l'altro lato della nuova striscia, procedendo poi gradatamente verso il centro e tornando infine sul giunto longitudinale.

Questa operazione andrà ripetuta per ciascun rullo adoperato finché l'impasto non mostra più alcun addensamento al passaggio del rullo.

Ogni passaggio del rullo dovrà essere sovrapposto per circa metà larghezza al passaggio precedente e le inversioni di marcia, in prossimità della finitrice, dovranno essere tutte sfalsate fra loro; gli spostamenti trasversali del rullo da un passaggio all'altro dovranno essere effettuati diagonalmente ad una sufficiente distanza dalla finitrice.

Allo scopo di impedire la formazione di impronte permanenti, si dovrà assolutamente evitare che i rulli vengano arrestati sullo strato ancora caldo.

Le ruote del rullo devono essere pulite e lisce, devono essere inoltre mantenute lievemente bagnate con acqua per impedire l'adesione della miscela ad esse. Si deve tuttavia evitare un uso eccessivo di acqua che causerebbe un raffreddamento troppo rapido della parte superficiale della miscela e la formazione di sottili fessurazioni durante il passaggio del rullo.

#### **9.10.5 Requisiti di accettazione**

A costipamento ultimato l'indice di compattazione ed il contenuto di vuoti residui delle miscele in opera dovrà risultare compreso entro i limiti prescritti per ciascuno strato.

I diversi strati dovranno presentare gli spessori previsti dal progetto ed essere esenti da ondulazioni o avvallamenti. Non saranno ammesse variazioni dagli spessori e dalla sagoma di progetto. Soltanto saltuariamente saranno tollerati i seguenti scostamenti:

Scostamenti max (mm)	Strato di collegamento	Strato di usura
dalla sagoma di progetto misurati con regolo da 3 m (UNI EN 13036-7)	± 8	± 3
dagli spessori di progetto	± 3	± 3

Il controllo degli spessori sarà effettuato sulle carote appositamente prelevate nel numero stabilito dalla D.L.. Lo spessore di ciascuno degli strati della pavimentazione verrà determinato su carote prelevate a questo fine (50 mm) o per altre valutazioni (diametri 100 o 150 mm).

Su tali carote, prelevate casualmente dalla Direzione Lavori, verranno effettuate 2 misure diametralmente opposte, mentre per quelle da 100 o da 150 mm verranno effettuate 6 misure in corrispondenza degli estremi dei diametri presi ogni 60°. Dalla media di tali misure si ricaverà il valore dello spessore di ciascuno strato. Tutti i fori aperti negli strati bituminosi per il prelievo di tasselli o di carote dovranno essere, a cura e spesa dell'Appaltatore, immediatamente riempiti con calcestruzzo e negli ultimi 5 cm di spessore con miscela bituminosa a cui dovrà seguire una perfetta compattazione.

Al fine dell'accettazione dello spessore della pavimentazione stesa verranno utilizzate altresì le risultanze delle verifiche dei piani quotati eseguite nel corso delle varie lavorazioni previste in progetto.

Eventuali spessori minori di quelli stabiliti per lo strato di collegamento saranno recuperati, salvo approvazione della Direzione Lavori, con maggiori spessori dello strato sovrastante. Se la carenza di spessore dovesse interessare lo strato di usura, si dovrà provvedere sull'area deficitaria all'asportazione con fresa, a cura e spese dell'Appaltatore, di tutto lo spessore dello strato di usura e alla successiva stesa di un nuovo strato, per il quale si applicheranno i medesimi requisiti di accettazione.

#### 9.10.6 Controllo della qualità delle miscele

L'Appaltatore dovrà effettuare sui conglomerati bituminosi, a richiesta della Direzione Lavori, controlli di idoneità e prove di laboratorio. Inoltre, sono previsti specifici controlli della qualità delle lavorazioni eseguite. In particolare:

- verifica della granulometria (Norma UNI EN 933-1) delle varie pezzature di aggregati campionate sia dagli autocarri in fornitura o dai cumuli stoccati a piazzale ogni 300 mc, e comunque ogni qualvolta vengono forniti all'impianto nuovi quantitativi di materiale. L'Appaltatore è tenuto a chiedere per tempo l'approvazione della Direzione Lavori ogni qualvolta intenda usare materiale di qualità e pezzatura differente da quelli usati fino ad allora. In questo caso dovrà procedere allo studio di un nuovo impasto da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori;
- verifica delle principali caratteristiche, quali penetrazione (UNI EN 1426) e punto di rammollimento P.A. (UNI EN 1427) del legante bituminoso campionato dalle autobotti in fornitura o dalla cisterna di stoccaggio all'impianto: una volta per ogni carico di bitume entrato in cantiere;
- controllo dell'additivo, con riferimento ai parametri descritti nelle presenti Norme Tecniche, ogni 50 ton;
- controllo della composizione granulometrica della miscela degli aggregati caldi prima del mescolamento con il bitume: ogni volta che siano stati variati i dosaggi all'impianto e si notino irregolarità nei risultati delle prove Marshall;

- verifica della composizione dell'impasto bituminoso fresco campionato appena steso dietro la finitrice: estrazione e determinazione del contenuto di legante secondo Norma UNI EN 12697-1, analisi granulometrica della miscela degli inerti estratta (UNI EN 12697-2): una volta al giorno;
- stessa ubicazione dei prelievi di cui al punto □: verifica della stabilità e dello scorrimento Marshall dell'impasto (UNI EN 12697-34) campionato come sopra: una volta al giorno. I provini Marshall dovranno essere confezionati sul luogo del prelievo del campione con assoluto divieto di riscaldare la miscela per la loro confezione. Sullo stesso campione saranno determinati la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8) e la massa volumica (UNI EN 12697-6);
- verifica dello spessore, della massa volumica e della composizione su tasselli o su carote indisturbate prelevati dallo strato finito; le dimensioni dei tasselli non dovranno essere inferiori a cm 25 x 25. Il solo controllo della densità sarà effettuato ogni 500 mq per ciascuno strato, mentre il controllo granulometrico, dello spessore, la determinazione della % di bitume e della massa volumica degli aggregati saranno effettuate con una frequenza fissata a giudizio della Direzione Lavori. A lavorazione ultimata del manto di usura, l'Appaltatore a sue spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà effettuare una campagna di indagini con il prelievo di carote interessanti tutti gli strati in conglomerato bituminoso e procedere ad un'elaborazione e interpretazione statistica dei risultati ottenuti dall'esecuzione di quelle prove ritenute più opportune dalla Direzione Lavori;
- ad integrazione delle precedenti verifiche, sarà facoltà della D.L. avvalersi dei risultati ottenuti dai sistemi di controllo in continuo della compattazione, in dotazione sui mezzi utilizzati per la compattazione degli strati in conglomerato bituminoso.

#### 9.10.7 Controlli ad alto rendimento

L'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, provvedere ad effettuare prove mediante apparecchiatura tipo Continuous Friction Measuring Equipment (CFME), approvata da ENAC e da ICAO, al fine di determinare e verificare le caratteristiche di aderenza longitudinale dello strato di usura, con riferimento alla Norma UNI CEN/TS 13036-2. Le misure dovranno essere eseguite lungo quattro allineamenti a  $\pm 3$  m e a  $\pm 6$  m in sinistra e in destra dell'asse, alle velocità indicate in Tabella A-1.

A giudizio del Direttore dei Lavori potranno essere richieste prove di aderenza per la valutazione della variazione del valore di Breaking Slip Number (BSN) con la velocità.

Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza si farà riferimento ai valori medi di BSN, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza indagata. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pista nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore e per cui i valori dello stesso sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione normale.

I valori di BSN così determinati dovranno rispondere ai valori minimi contenuti nella tabella A-1 della Circolare ENAC APT-10 relativamente alla realizzazione di nuove pavimentazioni.

Tabella A-1 (Circolare ENAC APT-10)

TEST EQUIPMENT	TEST TIRE		TEST SPEED (KM/H)	TEST WATER DEPTH (MM)	DESIGN OBJECTIVE FOR NEW SURFACE	MAINTENANCE PLANNING LEVEL	MINIMUM FRICTION LEVEL
	TYPE	PRESSURE (KPA)					
MU-METER	A	70	65	1,0	0,72	0,52	0,42
TRAILER	A	70	95	1,0	0,66	0,38	0,26
SKIDDOMETER	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
TRAILER	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
SURFACE	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
FRICTION TESTER VEHICLE	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
RUNWAY	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
FRICTION TESTER VEHICLE	B	210	95	1,0	0,74	0,54	0,41
TATRA FRICTION	B	210	65	1,0	0,76	0,57	0,48
TESTER VEHICLE	B	210	95	1,0	0,67	0,52	0,42
GRIP TESTER	C	140	65	1,0	0,74	0,53	0,43
TRAILER	C	140	95	1,0	0,64	0,36	0,24

Le misure dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 60° e il 150° giorno successivo all'apertura al traffico. Qualora prima di questo periodo sia necessario, ai fini dell'“agibilità aeroportuale”\* valutare le caratteristiche di aderenza della pavimentazione, si procederà alla misura del BSN non prima di 5 giorni dall'ultimazione delle stese. In questo caso il BSN misurato dovrà risultare almeno pari al 90% del valore minimo riportato nella tabella A-1 della Circolare ENAC APT-10 relativamente alla realizzazione di nuove pavimentazioni. Al fine di valutare la conformità della miscela proposta ai requisiti di accettazione richiesti, la condizione anzidetta dovrà essere verificata, dopo 5 giorni dal termine delle operazioni di compattazione, anche per le stese di prova (§ 0) realizzate prima di iniziare le lavorazioni vere e proprie.

l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese eseguire sul piano finito delle pavimentazioni realizzate una campagna di verifica della regolarità superficiale comprendente l'effettuazione di misure lungo quattro allineamenti ( $a \pm 3$  m e  $a \pm 6$  m in sinistra e in destra dell'asse) con passo di acquisizione pari a 25 mm. Si farà riferimento al valore medio di IRI (International Roughness Index, Norme prEN 13036-5 e ASTM E1926) calcolato su tratte consecutive di lunghezza pari a 100 m.

\* per agibilità aeroportuale si intende il complesso delle operazioni effettuate da una Commissione dell'E.N.A.C. all'uopo nominata, cui è demandata la verifica di rispondenza delle opere realizzate nell'ambito del presente progetto rispetto alla normativa aeronautica e rispetto al progetto approvato e che precedono la messa in uso delle infrastrutture aeroportuali all'esercizio da parte degli aeromobili

I valori medi così determinati dovranno soddisfare, per ciascun allineamento, le seguenti limitazioni:

**Criteria di accettabilità per l'IRI (mm/m)**

$p^{(*)}$	Piste di volo		Altre	
	Spessore di complessivo di riqualifica (cm)			
	>10	<10	>10	<10
50	<1.5	<1.8	<1.8	<2.1
80	<2.0	<2.2	<2.2	<2.9
100	<2.2	<2.8	<2.8	<3.5

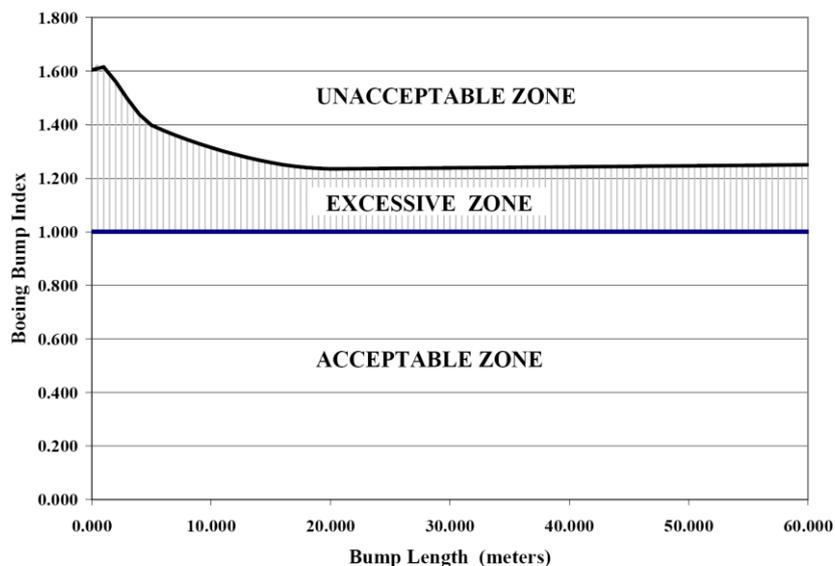
(\*) percentuale di lunghezza della tratta analizzata

Valori rientranti nel 20° percentile (per  $80 < p < 100$ ) non dovranno presentarsi per più di due ettometriche consecutive.

Nel caso di rifacimenti superficiali con spessori di intervento minori di 10 cm (conglomerati bituminosi tipo usura e binder e trattamenti superficiali in genere) il valore ottenuto dopo l'intervento non dovrà essere peggiore di quello presente prima di esso e dovrà rispondere in ogni caso ai requisiti riportati in Tabella.

Le misure dovranno essere effettuate tra il 7° e il 15° giorno successivo dall'ultimazione delle lavorazioni.

Laddove ritenuto opportuno dalla D.L., si procederà a quantificare le irregolarità superficiali mediante Boeing Bump Index (BBI) secondo la procedura descritta nella Circolare FAA AC 150/5380-9. I valori così ottenuti, calcolati ogni 25 mm e restituiti come valor medio su tratte consecutive di lunghezza pari a 100 m, dovranno rientrare nella zona "accettabile" dell'abaco fornito dalla stessa Circolare e di seguito riportato.



**Criteria di accettabilità per il Boeing Bump Index**

l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, a controllare la tessitura geometrica (Height of Sand, HS), intesa come macrorugosità superficiale dello strato di usura, misurata mediante apposita strumentazione laser con riferimento alla Norma UNI EN ISO 13473-1. Il valore di HS dovrà risultare  $\geq 0,6$  mm nel caso di usura normale (§ 9.9.8) e  $\geq 1,0$  mm nel caso di usura di tipo SMA. Le misure saranno

eseguite sulla pavimentazione già aperta al traffico lungo quattro allineamenti ( $a \pm 3$  m e  $a \pm 6$  m in sinistra e in destra dell'asse), con passo di campionamento pari a 1 mm e mediate su tratte di 10 m. Nel caso di runway tale controllo dovrà essere effettuato in punti non contaminati dai residui gommosi lasciati in fase di atterraggio dagli pneumatici degli aeromobili. A discrezione della D.L., la determinazione dell'HS potrà essere condotta con tecnica volumetrica a impronta secondo la Norma UNI EN 13036-1. Si farà riferimento al valore medio di HS riguardante ciascuna tratta omogenea in cui, per ciascun allineamento, è possibile suddividere l'intera lunghezza di pista. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pista nei quali ricadano almeno 4 punti di misura e nei quali i valori di HS sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le misure dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° e il 150° giorno successivo all'apertura al traffico. Sulla stesa di prova avente lunghezza di almeno 80 m e larghezza di almeno 4 m, dopo cinque giorni dal termine delle operazioni di stesa, l'HS misurato dovrà risultare almeno pari al 90% dei valori minimi in precedenza indicati.; l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, ad effettuare prove con apparecchiatura di tipo F/HWD per la determinazione del PCN delle pavimentazioni riqualificate o realizzate. Tali prove dovranno essere effettuate lungo quattro allineamenti ( $a \pm 3$  m e  $a \pm 6$  m in sinistra e in destra dell'asse) con passo pari a 100 metri e battute sfalsate di 25 metri. La determinazione degli spessori necessari per le successive elaborazioni sarà condotta sulla base di carotaggi adeguatamente spaziatati o, a discrezione della D.L., attraverso indagini radar di tipo GPR integrate da carotaggi di calibrazione effettuati ad inizio e fine delle tratte indagate, e comunque ad ogni sostanziale variazione della sovrastruttura.

#### 9.10.8 Penalità

L'accettazione finale delle lavorazioni effettuate avverrà solo quando le prove di controllo a, b, c del precedente paragrafo avranno tutte avuto esito positivo. Fino ad allora l'accettazione, sulla base delle altre prove di controllo effettuate dalla D.L. avrà valore provvisorio, con pagamento parziale delle lavorazioni effettuate. Per tale "accettazione parziale" la Direzione Lavori non assume nei confronti dell'Appaltatore alcuna responsabilità, in quanto essa è legata all'esito positivo delle stese di prova e dei controlli la cui esecuzione è immediata, mentre è solo dell'Appaltatore la responsabilità di assicurare la costanza nel tempo dei materiali e delle lavorazioni in rapporto a quelle che avevano avuto inizialmente esito positivo. La mancata accettazione finale comporta l'applicazione delle seguenti penalità:

- qualora il valore di BSN definito al punto "a" del precedente paragrafo non soddisfi, per ciascuna tratta omogenea, le condizioni richieste, l'Appaltatore dovrà procedere immediatamente a sua cura e spese e senza nessun onere per la Committente, alla demolizione e ricostruzione dello strato superficiale interessato. Il nuovo strato sarà soggetto alle stesse condizioni di controllo e di penalità.
- qualora i parametri IRI e BBI (quest'ultimo richiesto a discrezione della D.L.), determinati come definito al punto "b" del precedente paragrafo, non soddisfino le condizioni richieste, l'Appaltatore dovrà procedere immediatamente a sua cura e spese e senza nessun onere per la Committente, alla demolizione e ricostruzione dello strato superficiale interessato. Il nuovo strato sarà soggetto alle stesse condizioni di controllo e di penalità.
- qualora il valore medio di HS determinati come definito al punto "c" del precedente paragrafo non soddisfi, su ciascuna tratta omogenea, le condizioni richieste, si dovrà procedere immediatamente a cura e spese dell'Appaltatore e senza onere per la Committente, all'asportazione completa dello strato con fresa ed alla ricostruzione dello stesso e/o all'effettuazione di altri interventi di irruvidimento per portare il valore o i valori deficitari al di sopra dei limiti richiesti. La Direzione Lavori stabilirà, a proprio insindacabile giudizio, le forme di intervento più opportune da attuarsi in relazione ai valori di HS ottenuti ed all'estensione delle tratte deficitarie.

## 9.11 Strato di usura in conglomerato bituminoso aperto (Open Grade)

### 9.11.1 Descrizione

Lo strato di conglomerato bituminoso a caldo "Open Grade" confezionato con bitume modificato e' costituito da una miscela di inerti freschi di cava, nel prosieguo definiti in questo contesto come aggregati di primo impiego, (pietrisco, pietrischetto, graniglia e sabbia) e di additivo (filler), impastato con bitume modificato con polimeri e additivi, previo riscaldamento ed essiccazione degli aggregati, steso in opera con macchina vibrofinitrice e rullato a fondo. Tutto l'aggregato grosso di primo impiego dovrà essere costituito da materiale frantumato.

### 9.11.2 Materiali

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi modificati. Gli aggregati di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5), 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; essi dovranno comunque rispondere ai requisiti prescritti dalle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, pietrischetti, graniglie, sabbie e additivi per costruzione stradali" del CNR fasc. 4-1953 e suoi successivi aggiornamenti. Inoltre le classi granulometriche dovranno essere rigidamente individuate.

#### A) AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso, frazione di inerte trattenuto al setaccio UNI n. 5, sarà costituito da una miscela di pietrischetti e graniglie che dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

dovranno essere impiegati esclusivamente frantumati di cava, provenienti da rocce di natura basaltica o calcarea, con una perdita in peso alla prova di abrasione Los Angeles (CNR n. 34 - 1973) eseguita sulle singole pezzature non superiore al 25%;

- la quantità di frantumato dovrà essere del 100%;
- la porosità (CNR B.U. n. 65 del 18.5.1978) dovrà essere  $\leq 1,5\%$ ,
- il coefficiente di imbibizione (CNR fasc. 4 - 1953) dovrà essere inferiore a 0,015;
- l'idrofilia dovrà rispondere ai valori indicati nella Norma CNR fasc. 4 - 1953.
- il coefficiente di forma "Cf" e di appiattimento "Ca" dovranno essere inferiori od uguali a 3 ed a 1,58 (CNR B.U. n. 95 - 1984);
- il coefficiente di levigatezza accelerata (C.L.A.) dovrà essere maggiore di 0,45 (CNR B.U. n. 140 del 15.10.1992);
- la sensibilità al gelo (CNR B.U. n. 80 del 15.11.1980) dovrà essere  $\leq 20$ ;
- lo spogliamento in acqua a 40°C (con eventuale impiego di "dopes" di adesione) dovrà essere 0% (CNR B.U. n. 138/92).

Per il prelevamento dei campioni delle varie pezzature di aggregato grosso si seguirà la norma CNR n. 93 - 1983.

#### B) AGGREGATO FINO

L'aggregato fino, frazione di inerte passante al setaccio UNI n. 5, trattenuto al setaccio UNI da mm 0,074, sarà costituito da sabbie di frantumazione.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà essere alla prova "Los Angeles" (CNR B.U. n. 34 del 28.3.1973-Prova C) eseguita sul granulato della stessa provenienza, la perdita non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia, determinato sulle singole pezzature (CNR B.U. n. 27 del 30.3.1972) dovrà essere superiore o uguale a 70.

Per il prelievo dei campioni di aggregato fino si seguirà la norma CNR n. 93 - 1983.

#### C) ADDITIVO MINERALE (FILLER)

Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati; può altresì essere costituito da cemento, calce idratata o calce idraulica. In ogni caso il filler per i conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato deve soddisfare i requisiti di cui alla successiva tabella.

FILLER			
PARAMETRO	NORMATIVA	UNITÀ DI MISURA	VALORE
SPOGLIAMENTO	CNR 138/92	%	≤ 5
PASSANTE ALLO 0,18	CNR 23/71	%	100
PASSANTE ALLO 0,075	CNR 75/80	%	≥ 80
INDICE DI PLASTICITÀ	CNR 10014		N.P.
VUOTI RIGDEN	CNR 123/88	%	30 - 45
STIFFENING POWER	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5
RAPPORTO FILLER/BITUME = 1,5			

#### D) BITUME

Il legante dovrà essere un bitume di tipo modificato, avente le caratteristiche indicate nella successiva tabella. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche, prodotti in impianti controllati dotati di idonei dispositivi di miscelazione.

Il prelievamento dei campioni di bitume dovrà avvenire in conformità a quanto prescritto dalla Norma CNR n. 81 - 1980.

BITUME			
PARAMETRO	NORMATIVA	UNITÀ DI MISURA	TIPO 50/70
PENETRAZIONE A 25°C	EN1426, CNR24/71	DMM	50-70
PUNTO DI RAMMOLLIMENTO	EN1427, CNR35/73	°C	≥70
PUNTO DI ROTTURA (FRAASS)	CNR43/74	°C	≤ -15
VISCOSITÀ DINAMICA A 160°C, $\gamma = 10 \text{ s}^{-1}$	PREN 13072-2	PAXS	≥ 0,2
RITORNO ELASTICO A 25°C	EN 13398	%	≥ 75%
STABILITÀ ALLO STOCCAGGIO 3 GG A 180°C	EN 13399	°C	≤ 0,5
VALORI DOPO RTOFT	EN12607-1		
VOLATILITÀ	CNR54/77	%	≤ 0,8
PENETRAZIONE RESIDUA A 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60
INCREMENTO PUNTO DI RAMMOLLIMENTO	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5

### 9.11.3 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  $\pm 3$  punti. Sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in  $\pm 3$  punti e scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 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 da impiegare per i materiali inerti dovrà presentare una curva granulometrica in linea di massima compresa entro i seguenti limiti (vedasi il fuso granulometrico corrispondente).

	Apertura dei crivelli o setacci (mm)	Percentuale in massa del passante
<b>CRIVELLI UNI2334</b>	15	100
	10	40÷70
	5	10÷15
	2	4÷10
<b>SETACCI UNI2332</b>	0,4	6÷8
	0,18	4÷6
	0,075	4÷6

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 passante al setaccio da 0,425 mm dovrà risultare non plastico.

Il contenuto di bitume nell'impasto dovrà essere compreso fra il 3,5 ed il 5% riferito alla massa secca totale degli inerti. In ogni caso la percentuale ottima di bitume dovrà essere determinata con la prova Marshall eseguita su provini confezionati con quantità crescente di bitume di 0,5 in 0,5% per un intervallo 3,5 – 5,0%.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall (CNR B.U. n. 30 del 15/3/73) eseguita su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare uguale o superiore a 4,0 kN; il valore dello scorrimento dovrà essere compreso tra 2 e 3 mm; il valore della rigidità Marshall, dovrà essere uguale o superiore a 1,3 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene misurata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 25% e 30%;
- il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino e dovrà risultare compreso tra 1,8 e 2,0 g/cm<sup>3</sup>;

- l'altezza del provino dovrà essere misurata su quattro punti diametralmente opposti con la precisione di un millimetro, come distanza tra punti posti sulle rette diametrali individuate su ciascuna superficie di base. La media di tali misure darà il valore dell'altezza.

I valori delle resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione a rottura "Prova Brasiliana" dovranno essere compresi nei seguenti limiti:

	TEMPERATURA DI PROVA		
	10°C	25°C	40°C
RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA (N/MMQ)	0,70-1,00	0,25-0,40	0,10-0,20
COEFFICIENTE DI TRAZIONE INDIRETTA (N/MMQ)	≥ 70	≥ 30	≥ 15

L'impasto dovrà inoltre presentare una sufficiente insensibilità al contatto prolungato con l'acqua: la stabilità Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR B.U. n. 121 del 24.08.1987).

#### 9.11.4 Modalità di posa in opera

Una corretta procedura di posa in opera dello strato Open Grade risulta di fondamentale importanza per la riuscita delle successive operazioni di iniezioni della malta e per garantire così un adeguato comportamento dell'intero sistema composito. Dopo aver preparato il piano di supporto nella miscela Open Grade mediante la spruzzatura di uno strato di emulsione bituminosa di tipo modificato, le operazioni di stesa della miscela bituminosa vengono avviate come per un normale conglomerato bituminoso confezionato con bitume modificato mediante l'utilizzo di una vibrofinitrice in perfetto stato di efficienza, con tamper e piastra vibrante mantenuti spenti, in modalità di stesa di tipo continuo ed impiegando una velocità di avanzamento di 2,5-3 m/min, in modo da evitare la formazione di discontinuità nella pavimentazione. I giunti longitudinali di costruzione derivanti dalla realizzazione di due strisciate contigue di lavorazione vengono realizzati affiancando tali strisciate e mai sormontando il giunto; ciò per non creare zone della pavimentazione Open Grade particolarmente chiuse o segregate non in grado di accogliere in modo adeguato la malta cementizia di intasamento nel corso delle fasi di iniezione.

La compattazione viene effettuata con modalità statica, mediante rullo metallico del peso di 8-10 tonnellate. L'azione del rullo è esclusivamente mirata a permettere al materiale di raggiungere il massimo grado di contatto tra gli elementi lapidei pur conservando la rete di vuoti intergranulari raggiunta al termine della stesa con la finitrice.

La tecnica di addensamento prevede di norma un doppio passaggio del rullo e le operazioni si concludono entro un periodo di 10 minuti dalla stesa con vibrofinitrice, in modo tale che la temperatura del materiale non diminuisca di oltre 10 °C rispetto a quella che la miscela presentava all'atto della stesa.

Per effetto delle suddette modalità di posa in opera e delle caratteristiche intrinseche della miscela Open Grade, la percentuale dei vuoti in opera deve essere compresa tra il 25% e il 30%. Infatti, se la percentuale dei vuoti è minore del 22%, non sarà possibile riempire completamente la matrice asfaltica Open Grade. Se la percentuale dei vuoti è tra il 22 e il 25%, si può riempire lo strato Open Grade, ma la malta cementizia non può riempire abbastanza velocemente lo strato bituminoso e la superficie si presenterà "bollosa". Se la percentuale dei vuoti è superiore al 30%, la pavimentazione realizzata non avrà la necessaria flessibilità, il che significa che potranno comparire fessurazioni sulla superficie finita. Per tale motivo, prima di procedere alla posa in opera della malta cementizia, dovrà essere controllata attentamente la lavorazione eseguita giacché se non rispondente ai requisiti richiesti non potrà essere accettata, con la conseguente rimozione delle aree risultate inidonee.

### 9.11.5 Compattazione e percentuale dei vuoti del conglomerato in opera

Le carote (20 cm di diametro) o i tasselli indisturbati di impasto bituminoso prelevati dallo strato steso in opera, a rullatura ultimata, dovranno infine presentare le seguenti caratteristiche specifiche:

- il rapporto tra la massa volumica del conglomerato in opera e quella dei provini Marshall confezionati in laboratorio, non dovrà essere inferiore al 95% della massa volumica dei provini Marshall;
- la percentuale dei vuoti residui, riferita al volume del conglomerato, dovrà sempre risultare superiore al 25% e inferiore al 30%.

Per quanto sopra esposto circa l'importanza della verifica del controllo della percentuale dei vuoti residui, il relativo controllo verrà eseguito ogni 300 mq. E' tuttavia facoltà della Direzione Lavori variare tale frequenza ovvero il metodo di controllo della densità con apparecchiature di tipo non invasivo, purché comunque si abbia la ragionevole certezza dell'effettiva porosità dello strato di Open Grade realizzato.

### 9.11.6 Malta cementizia iperfluida

È una malta espansiva iperfluida a base cementizia ad altissime prestazioni meccaniche, utilizzata per saturare i vuoti dello strato di Open Grade sopra descritto. Tale sistema consente di realizzare pavimentazioni semiflessibili in conglomerato bituminoso – cemento adatte in corrispondenza degli stalli degli aeromobili.

Le caratteristiche meccaniche alle quali tale malta deve rispondere sono di seguito riportate:

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore	24 h.	7 gg.	28 gg.
Resistenza a compressione	MPa	UNI EN 445		≥ 20	≥ 55	≥ 70

L'Appaltatore, nella scelta della malta cementizia che intende impiegare, dovrà tenere conto delle condizioni di lavoro specifiche vigenti al momento in cui verrà eseguita l'intasamento dell'Open Grade. Infatti, la temperatura ambiente e della pavimentazione, nonché le condizioni di irraggiamento solare, sono di cruciale importanza nel corretto intasamento della miscela bituminosa, giacché dalla viscosità della malta cementizia dipende il grado di intasamento dei vuoti intergranulari della miscela Open Grade e, quindi, le prestazioni finali della pavimentazione semi flessibile realizzata.

Per tale motivo l'Appaltatore sarà tenuto, con congruo anticipo rispetto all'inizio della lavorazione di intasamento, sottomettere alla Direzione Lavori uno studio contenente la scheda di rispondenza delle caratteristiche meccaniche della malta cementizia che intende utilizzare, che attesti i requisiti sopra indicati, e che analizzi le condizioni realizzative, operative e ambientali delle lavorazioni, sulla base delle quali ha effettuato la scelta della malta cementizia proposta. La scheda tecnica della malta cementizia dovrà altresì essere accompagnata dalle relative referenze nella realizzazione di pavimentazioni in asfalto-cemento in ambito aeroportuale.

### 9.11.7 Miscelazione della malta cementizia

Le operazioni di miscelazione della malta cementizia con acqua costituiscono una fase particolarmente delicata della realizzazione del sistema, da cui dipende l'omogeneità del prodotto finale e, conseguentemente, le caratteristiche di viscosità del legante cementizio nel corso dell'iniezione e, dunque, le prestazioni strutturali del prodotto finale.

Data l'importanza del lavoro di cui al presente appalto, l'Appaltatore dovrà fare ricorso ad un impianto di tipo fisso, ovvero di tipo mobile montato sul rimorchio di un autoarticolato, di dimensioni idonee ad assicurare le necessarie prestazioni in termini di omogeneità del prodotto e di produttività. Tale ultima

soluzione, infatti, è comunque in grado di assicurare un'elevata produttività giornaliera, ha un limitato ingombro e presenta un'elevata versatilità e facilità di movimentazione.

#### **9.11.8 Stesa della miscela cementizia**

L'iniezione della malta nella pavimentazione Open Grade dovrà avvenire dopo almeno 12 ore dalla posa della stessa e, comunque, dopo un tempo tale da permettere al conglomerato bituminoso di raggiungere, raffreddandosi, la temperatura ambiente. Tale tecnica d'iniezione, effettuata in modo manuale con l'ausilio di apposite macchine e attrezzature, prevede la posa della malta mediante una bocchetta direttamente collegata con tubo flessibile di idonee dimensioni alla pompa, esercitando vari passaggi sulla pavimentazione. Ciò permette alla malta di penetrare in modo graduale nel conglomerato bituminoso favorendo l'espulsione dell'aria. Inoltre, per favorire l'intasamento e una omogenea finitura, la superficie oggetto di lavorazione deve essere immediatamente trattata mediante l'utilizzo di spazzole o raclee, sia manualmente che meccanicamente. Tale operazione dovrà essere proseguita fino a che la superficie non appare omogenea e priva di cavità.

Tuttavia, qualora a seguito delle operazioni di intasamento, dovessero riscontrarsi, dopo alcune ore dal termine del trattamento, delle piccole cavità di 1-2 mm di diametro e di 1-2 mm di profondità, derivanti dalla risalita di bolle d'aria rimaste intrappolate all'atto della stesa della malta, dette cavità verranno a cura dell'Appaltatore tempestivamente otturate trattando la superficie sempre con la stessa malta cementizia.

#### **9.11.9 Temperature di lavoro**

Il tempo di lavorabilità rappresenta un requisito fondamentale per la corretta realizzazione della pavimentazione semi-flessibile.

La temperatura dello strato bituminoso è un elemento che condiziona fortemente la viscosità della malta e, conseguentemente, la sua lavorabilità in quanto condiziona l'evaporazione dell'acqua. Le condizioni di lavoro ottimali si verificano con temperature della pavimentazione inferiori ai 35-40°C. La malta da impiegarsi dovrà essere scelta e proposta alla Direzione Lavori tenendo conto delle condizioni effettive in cui avverrà l'installazione.

#### **9.11.10 Formazione di giunti della pavimentazione semiflessibile**

La realizzazione di pavimentazioni semiflessibili in Italia non è ancora sufficientemente diffusa al punto tale da avere acquisito una sufficiente e prolungata esperienza specifica. Per tale motivo, pur se nominalmente tale tipo di pavimentazione non richiede l'esecuzione di giunti, tuttavia, sulla base di quanto osservato nelle realizzazioni sin qui eseguite in ambito aeroportuale, emerge l'opportunità che detti giunti vengano prudenzialmente realizzati. La formazione dei giunti dovrà perciò essere tempestiva, giacché dovrà essere completata prima che si sia sviluppato il processo di presa e indurimento della malta cementizia.

I giunti seguiranno una maglia regolare di 6,00x6,00 mt, con profondità pari a 2 cm (e cioè pari alla metà dello spessore dello strato realizzato) e larghezza dei giunti 1 cm. Gli stessi verranno riempiti attraverso la colatura a caldo di un bitume modificato. Considerata l'applicazione in ambito aeroportuale l'Appaltatore dovrà utilizzare e proporre all'approvazione della Direzione Lavori prodotti specifici, tipo Isoltema ARS 3.5 Avio o equivalenti, eventualmente pigmentati per ragioni estetiche.

#### **9.11.11 Trattamento stagionante post-stesa**

In caso di temperature ambiente elevate con esposizione diretta ai raggi solari sarà necessario attenuare lo shock termico superficiale della malta cementizia posta in opera mantenendo bagnata la superficie con aspersione d'acqua mediante semplici irrigatori.

Tale procedura, da prolungarsi fino a 2-3 giorni dalla fine delle operazioni di iniezione della malta, consente una migliore stagionatura della malta a beneficio delle resistenze meccaniche ed evita il rischio di formazione di microfessurazioni. In alternativa sarà consentito di proteggere la superficie di

lavorazione con teli da mantenere costantemente umidi con periodica annaffiatura. In funzione del prodotto proposto dall'Appaltatore per la malta cementizia, potrà essere necessaria l'applicazione a spruzzo di uno strato uniforme di Curing Compound, con i dosaggi secondo le specifiche proprie della scheda tecnica della malta. Qualora venga applicato tale sistema di protezione, lo stesso dovrà essere rimosso con acqua calda a pressione e aspirato con vacuum cleaner prima di realizzare la nuova segnaletica orizzontale.

#### **9.11.12 20.5.6.5 Controlli sulla pavimentazione semi-flessibile**

Unitamente alla qualificazione sperimentale del conglomerato bituminoso Open Grade e della malta cementizia, si provvederà all'esecuzione di prove di caratterizzazione prestazionale del materiale composito, inerenti la valutazione delle sue proprietà volumetriche e meccaniche. Poiché il comportamento in vera grandezza della pavimentazione semi-flessibile dipende in maniera determinante dal grado di intasamento raggiunto, la caratterizzazione deve avvenire su campioni prelevati in situ, attraverso carotaggi, pervenendo in tal modo ad una verifica della correttezza delle procedure di posa in opera. Inoltre, sulla superficie finita si procederà alla valutazione delle sue prestazioni di tipo funzionale.

#### **9.11.13 Caratteristiche volumetriche e meccaniche**

I carotaggi per il prelievo di campioni cilindrici debbono essere eseguiti sulla pavimentazione finita trascorsi almeno sette giorni dalla data di stesa della malta e comunque non prima che sia terminato il processo di presa e indurimento.

La caratterizzazione prestazionale prevede sia prove volumetriche (massa volumica) che meccaniche (elastic stiffness, resistenza a trazione indiretta).

La massa volumica costituisce la grandezza volumetrica di riferimento per il sistema composito, in grado di fornire, sulla base del confronto con la corrispondente grandezza del conglomerato Open Grade, una valutazione diretta del livello di intasamento raggiunto per effetto della penetrazione della malta nei vuoti intergranulari; essa deve essere determinata conformemente alla norma ASTM 2726/88.

La misura del modulo elastico consente di stimare la risposta meccanica del materiale sotto l'azione ciclica dei carichi mobili in condizioni rappresentative di quelle in situ; essa viene determinata in configurazione di trazione indiretta con prove a deformazione orizzontale imposta (5 micron per campioni di diametro da 100 mm e 7 micron per campioni da 150 mm) e carico impulsivo, assumendo un tempo di picco pari a 124 ms (EN UNI 12697-26).

Infine, la resistenza a trazione indiretta (RTI) deve essere valutata in condizioni di carico quasi-statico con velocità di carico pari a 50,8 mm/min (CNR BU 07/84). Entrambe le prove meccaniche vanno eseguite alla temperatura di 20 °C.

Le prestazioni che dovranno essere raggiunte sono le seguenti.

Parametro	Norma	Valore
Massa volumica (g/cmc)	ASTM 2726/88	≥ 2,30
Elastic Stiffness a 20°C (MPa)	EN UNI 12697-26	≥ 7.000
RTI a 20°C (MPa)	CNR BU 97/84	≥ 1,60

Differenti livelli prestazionali potranno essere tuttavia accettati dalla Direzione Lavori in funzione delle caratteristiche della miscela Open Grade e della malta cementizia.

#### **9.11.14 Prestazioni funzionali e caratteristiche dello strato superficiale**

Oltre alle prestazioni di tipo volumetrico e strutturale, la pavimentazione semi-flessibile deve soddisfare anche precisi requisiti di tipo funzionale. Essi riguardano essenzialmente le caratteristiche di finitura superficiale, le quali devono essere adeguatamente conformate alla destinazione d'uso.

Infatti, data la destinazione prevista nel presente appalto, è necessario garantire un adeguato livello di micro-rugosità e macro-rugosità superficiale, risultato che può essere raggiunto quando in corso d'opera l'operazione di iniezione della malta venga eseguito con almeno due passaggi dell'operatore, in modo da realizzare una graduale penetrazione della stessa all'interno della matrice bituminosa, favorendo nel contempo l'espulsione dell'aria. Inoltre, la superficie deve essere continuamente trattata mediante l'utilizzo di apposite attrezzature manuali o meccaniche. Tale operazione, oltre ad assicurare un ottimale intasamento della miscela, consente di evitare ristagni superficiali della malta che potrebbero compromettere le caratteristiche di scabrezza della superficie.

In particolare, il valore del Coefficiente di aderenza trasversale misurato con veicolo SCRIM dovrà risultare  $> 0,60$ .

Tuttavia, considerato che sulla pavimentazione nel corso del suo utilizzo potrà verificarsi la perdita accidentale di cherosene o di oli idraulici, l'Appaltatore dovrà eseguire un processo di irruvidimento della pavimentazione mediante pallinatura meccanica. Tale lavorazione dovrà essere eseguita al fine di procedere all'asportazione della eventuale malta in eccesso depositata al termine della fase di iniezione della malta cementizia e alla conseguente pulizia degli aggregati superficiali, senza però deteriorare lo strato superficiale della pavimentazione semi-flessibile.

#### **9.11.15 Manutenzione/Riparazioni della pavimentazione semi-flessibile**

Nonostante le accortezze poste durante la realizzazione della pavimentazione semi-flessibile, qualora si riscontrino errori di lavorazione (zone con intasamento non adeguato, errori di posa dello strato bituminoso e/o della malta cementizia), si procederà ad asportare la zona difettosa mediante fresatura meccanica dell'area interessata. Lo spessore rimosso potrà essere solo superficiale (per una profondità compresa tra il doppio del diametro massimo degli aggregati utilizzati per la realizzazione dello strato bituminoso e la metà dello spessore totale dello strato), ovvero comportare la completa asportazione dello strato, a seconda del difetto riscontrato. In ogni caso la profondità di fresatura non supererà lo spessore dello strato Open Grade in precedenza realizzato. Una volta ultimata la fresatura si procederà alla stesa della mano di ancoraggio in emulsione bituminosa, alla posa in opera del nuovo strato di pavimentazione bituminosa Open Grade e all'iniezione della malta cementizia.

## 9.12 Lastre in conglomerato cementizio

### 9.12.1 Premessa

Il calcestruzzo da impiegare per la realizzazione di tali 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.

### 9.12.2 Materiali

I materiali da impiegare nella confezione del calcestruzzo per la formazione delle lastre dovranno corrispondere a quanto di seguito specificato e, se non in contrasto, alle prescrizioni riportate al paragrafo 9.9 delle presenti Norme Tecniche.

#### 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 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 passanti 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 $\leq 0,2$	Senza restrizioni	UNI EN 932-3 UNI EN 1744-1 p.to 12
	Contenuto di solfati solubili in acido $\leq 0,8$	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 ≤ 0,2%: nessuna limitazione Per ≤ 0,8%: accettabile solo per gli aggregati fini		UNI EN 1744-1 p.to 12
Contenuto di zolfo totale	≤ 1% per gli aggregati naturali ≤ 2% per loppe d'altoforno ≤ 0,1% in presenza di solfuri ossidabili		UNI EN 1744-1 p.to 11
Contenuto di cloruri solubili in acqua	≤ 0,40% (contenuto massimo di Cl <sup>-</sup> 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: ≤ 0,25%	Per aggregati grossi: ≤ 0,05%	UNI EN 1744-1 p.to 14.2.2

**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 ≤ 0,10% (se > 0,10% è necessaria la verifica a lungo termine)	
	Prova a lungo termine ≤ 0,05% a 3 mesi ≤ 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 ≤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.

**UNI 8520-2, Prospetto 7 – Caratteristiche e limiti ammissibili per i filler**

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 IV (Pozzolatico) di classe 32,5. 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 cm<sup>2</sup>/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 D.L. 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 devono ottemperare alle prescrizioni della Norma Armonizzata UNI EN 934-2 ed essere provvisti di marcatura CE in conformità all'Allegato ZA della Norma stessa; non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature. Si farà uso di additivi aeranti laddove esplicitamente indicato dalla D.L.

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

Di norma additivi acceleranti o contenenti cloruro di calcio non dovranno essere utilizzati.

Potranno essere impiegati acceleranti la presa o ritardanti (nel caso di betonaggio in condizioni, rispettivamente, di temperatura fredda o particolarmente calda o nel caso di particolari esigenze organizzative del cantiere) previo consenso da parte della D.L. in base all'esame del tipo e della qualità del prodotto.

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.

Le ditte produttrici degli additivi impiegati dovranno garantire la costanza della qualità e della concentrazione dei loro prodotti, che comunque potranno essere oggetto di verifica da parte della D.L. tramite Laboratorio di sua fiducia al momento del loro approvvigionamento.

#### E) ADDITIVI FLUIDIFICANTI E SUPERFLUIDIFICANTI

Gli additivi fluidificanti e superfluidificanti dovranno essere conformi a quanto indicato dalle Norme UNI 10765 ed UNI EN 934-2, in base alla quale si richiede l'apposizione di marcatura CE; non dovranno contenere cloruri in quantità superiori a quanto previsto per l'acqua d'impasto. Tali additivi verranno aggiunti nell'acqua d'impasto e la loro quantità dovrà essere definita sulla base di uno studio di laboratorio in modo tale da verificare che le caratteristiche d'indurimento e le resistenze finali del calcestruzzo con essi confezionati non varino sostanzialmente e rientrino nei limiti nel seguito indicati.

#### F) ADDITIVI AERANTI

Qualora sia stato esplicitamente indicato dalla D.L. l'uso di additivi aeranti essi dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 934-2 e dotati di relativa marcatura CE; dovranno essere aggiunti al calcestruzzo nel mescolatore in soluzione con l'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo in quantità variabili di non più del 5% della quantità indicata dall'Impresa nello studio dell'impasto e che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del calcestruzzo durante il periodo di miscelazione.

#### G) ADDITIVI DI NUOVA GENERAZIONE

In presenza di lavorazioni da realizzare in particolari condizioni logistiche nonché di clima e di traffico, l'Impresa potrà proporre l'impiego di additivi aventi caratteristiche definite speciali (ad es. superfluidificanti a rilascio progressivo ed acrilici) comunque di categoria diversa da quelle precedentemente descritte salvo approvazione della D.L. sulla base di uno studio di laboratorio con verifica d'impianto nell'ambito dell'accettazione della composizione finale del calcestruzzo della lastra.

#### H) RETE DI ACCIAIO ELETTROSALDATA

Dovrà essere costituita da fili elementari del diametro di 8/10 mm, con distanza assiale tra i fili di 100 mm e un'area delle maglie non superiore ai 100 cm<sup>2</sup>, controllata in stabilimento e rispondente ai requisiti e alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti). La rete sarà sostenuta nella posizione indicata nei disegni di progetto da appositi tralicci d'acciaio.

#### I) BARRE DI TRASFERIMENTO

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

Laddove previsto dai disegni di progetto, l'armatura dovrà essere costituita da barre 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; inoltre saranno disposte sul piano di mezzeria della lastra e la tolleranza azimutale e zenitale rispetto al piano citato sarà del 2%.

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. Le barre potranno essere predisposte prima del getto delle lastre oppure inserite nel calcestruzzo fresco o indurito. Nel primo caso le barre saranno sostenute alla altezza prevista in progetto tramite idonei tralicci metallici ancorati al piano di posa; la struttura dei tralicci ed i sostegni delle barre dovranno avere una rigidezza tale da evitare la loro dislocazione durante il getto del calcestruzzo. Nel caso siano inserite per vibrazione nel calcestruzzo fresco dovrà essere verificato che l'operazione non riduca la regolarità superficiale del getto. Infine, l'inserimento delle barre nel calcestruzzo indurito verrà realizzato previa fiorettatura del calcestruzzo e successivo riempimento del foro con resina epossidica.

#### J) FERRI DI LEGATURA

I ferri di legatura (o tie bars) avranno diametro, lunghezza e spaziatura come indicato nei disegni di progetto e saranno disposti sul piano di mezzeria della lastra.

Saranno costituiti da barre di acciaio ad aderenza migliorata, della classe indicata in progetto, controllati in stabilimento e dovranno rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 14/01/2008 e successivi aggiornamenti).

La modalità di posa con casseforme scorrevoli prevede l'inserimento per vibrazione dei ferri di legatura. Nella posa con casseforme fisse, i ferri di legatura tra strisciate adiacenti realizzate in tempi successivi vengono piegati a 90° e fissati alla cassaforma che delimita il primo getto. Una volta rimossa la cassaforma, la parte dei ferri precedentemente piegata viene ripiegata verso l'esterno per essere inserita nella striscia da eseguire.

#### L) FOGLIO DI POLIETILENE

Sul piano d'appoggio delle lastre in calcestruzzo verrà posto uno strato antifrizione, costituito da un foglio di polietilene, di spessore non inferiore a 4/10 di millimetro.

#### M) MASTICI PER SIGILLATURE

I mastici da impiegare per l'effettuazione delle sigillature dei giunti indicate nei disegni di progetto dovranno essere usati sotto il controllo continuo della D.L. e dopo autorizzazione specifica.

Saranno del tipo da colare a freddo e dovranno avere requisiti rispondenti alle norme ASTM D1850, D1852, SS-S-1956 ed SS-S-200 per questo genere di prodotti, i quali saranno costituiti da formulati sintetici a due componenti quali resine poliuretatiche o polisolfidiche, oppure da elastomeri a base di gomme poliuretatiche caricate con catrami.

Dovranno essere miscelati secondo le proporzioni indicate dalla Ditta produttrice entro miscelatori – distributori automatici approvati dalla D.L.

I sigillanti di cui si proporrà l'utilizzo dovranno essere approvati dalla D.L. 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.);
- tolleranza nella proporzione dei sigillanti a più componenti.

### **9.12.3 Conglomerato cementizio**

#### 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 sature 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 7 e 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 D.L., sul calcestruzzo prelevato durante la prova di impianto nonché su carote prelevate dall'eventuale stesa di prova.

A giudizio della D.L., 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'Impresa provvederà a suo carico a studiare una nuova miscela e a modificarla fino a che il prodotto finito non risponda alle caratteristiche prescritte. La D.L. 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.

#### 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.

La dimensione massima degli inerti dovrà essere commisurata alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro della 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

#### CONTENUTO DI CEMENTO

Il contenuto di cemento, stabilito attraverso lo studio preliminare della miscela, sarà indicativamente pari a 375 kg/m<sup>3</sup> di calcestruzzo vibrato in opera. Tale dosaggio, 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.

#### 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/m<sup>3</sup>). Il valore del contenuto da rispettare sarà quello determinato in laboratorio al momento dello studio di formulazione ed approvato dalla D.L.

L'Impresa 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 0,42, potrà ridursi ricorrendo ad appropriati additivi superfluidificanti o di nuova generazione (entrambi i valori tengono conto dell'acqua adsorbita dagli inerti oltre all'acqua d'impasto), pur evitando di scendere al disotto di 0,34.

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 singoli valori dell'abbassamento della prova al cono (slump test) da determinarsi con le modalità di cui alla UNI EN 12350-2, dovranno risultare prima dello scarico del ribaltabile di approvvigionamento comunque compresi tra 5 e 12 cm in relazione alle previste modalità di stesa ed in considerazione del previsto impiego di additivi superfluidificanti.

### CONTENUTO D'ARIA

Qualora secondo quanto indicato nel progetto o a giudizio della D.L., 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.

### 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:

<b>STAGIONATURA</b>	<b>RESIST. A TRAZIONE PER FLESSIONE</b>
<b>7 GG.</b>	3,30 N/mm <sup>2</sup>
<b>28 GG</b>	4,60 N/mm <sup>2</sup>

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.

### 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  $20 \pm 2$  °C di temperatura.

### RESISTENZA AL GELO

Anche in zone in cui la temperatura non scende al di sotto di 0 °C verranno richieste dalla D.L. 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.

## **9.12.4 Attrezzature per la confezione, il trasporto e la stesa del calcestruzzo**

### A) ATTREZZATURE PER IL CONFEZIONAMENTO

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato in impianto fisso centralizzato, ubicato il più vicino possibile alle aree di cantiere. L'impianto di confezione dovrà essere del tipo e della capacità proporzionata all'entità complessiva del lavoro e dovrà essere atto a produrre calcestruzzo uniforme ed a scaricarlo senza che avvenga segregazione dei materiali.

Prima dell'inizio della produzione del conglomerato cementizio, l'Appaltatore dovrà chiedere l'approvazione della D.L. sull'efficienza di ogni parte dell'impianto, del quale dovrà garantire, per tutta la durata dei lavori, uniformità e costanza di produzione.

L'impianto dovrà essere munito di dispositivi automatici per il dosaggio a peso dei vari componenti della miscela e di almeno 4 tramogge per le diverse pezzature di aggregati. Dovrà inoltre essere munito di dispositivo atto a consentire la possibilità di seguire la variazione del tenore d'acqua dei materiali in modo da regolare in ogni istante il dosaggio dei componenti in funzione della variazione di umidità degli inerti stessi.

L'acqua sarà aggiunta in una sola volta, iniziandone l'immissione nel mescolatore pressoché contemporaneamente a quella degli aggregati ed operando in modo da terminare l'erogazione stessa alcuni secondi dopo la fine di quella degli aggregati.

La durata del mescolamento dopo l'immissione dell'ultimo componente non dovrà essere inferiore al minuto, contandosi il tempo sempre a partire dal termine dell'immissione di tutti i componenti nel mescolatore.

In ogni caso gli impasti dovranno risultare uniformi ed omogenei senza differenziazioni o separazioni tra i diversi componenti all'atto di scarico.

L'uniformità della miscela verrà controllata prelevando campioni di calcestruzzo all'inizio, a metà ed alla fine di un impasto e controllando che i tre prelievi non presentino abbassamenti al cono che differiscano tra di loro di più di un cm, né composizione granulometrica sensibilmente diversa.

Prima di ogni ripresa del lavoro, il mescolatore dovrà essere accuratamente ripulito dagli eventuali residui di materiale e calcestruzzo indurito. In nessun caso e per nessuna ragione sarà permesso di utilizzare un calcestruzzo che abbia già iniziato il processo di presa, neppure procedendo ad eventuali aggiunte di cemento.

#### B) ATTREZZATURE PER IL TRASPORTO

Il trasporto del calcestruzzo al luogo di impiego potrà essere eseguito con betoniere rotanti ed autocarri, muniti o meno di dispositivi che assicurino la miscelazione degli impasti durante il trasporto.

In ogni caso essi dovranno soddisfare ai requisiti riportati nella norma ASTM C94.

#### C) ATTREZZATURE PER LA STESA

La stesa delle lastre avverrà a mano con idonee attrezzature, previo approvazione della Direzione Lavori.

Eventuali attrezzature meccaniche dovranno essere sottoposte ad approvazione della Direzione Lavori

In ogni caso le attrezzature dovranno essere approvate dalla Direzione dei Lavori.

Per la compattazione del calcestruzzo si dovranno utilizzare una serie di vibratori ad ago azionati manualmente ed in maniera tale da garantire il completo costipamento dell'area di pavimentazione interessata dalla lavorazione per tutto il suo spessore e larghezza.

La finitura e compattazione superficiale saranno eseguite mediante una trave vibrante di larghezza non inferiore a 8 cm e non superiore a 40 cm rispetto alle aree da pavimentare.

#### **9.12.5 Attrezzatura per lo spandimento della pellicola antievaporante**

Le attrezzature per la stesa della pavimentazione dovranno essere immediatamente seguite da un'idonea attrezzatura, approvata preventivamente dalla D.L., per lo spandimento meccanico mediante getti polverizzatori della pellicola protettiva antievaporante.

### 9.12.6 Tagliagiunti

Il taglio dei giunti nelle lastre in calcestruzzo sarà eseguito con l'utilizzo di macchine tagliagiunti equipaggiate con dischi a corona diamantata adeguate in numero e caratteristiche per effettuare i tagli alle richieste dimensioni ed alla richiesta produzione.

Si dovrà inoltre prevedere almeno una tagliagiunti di riserva in perfetta efficienza.

Un'ampia scorta di lame dovrà essere stoccata in cantiere e disponibile durante l'arco della lavorazione.

L'Appaltatore dovrà inoltre prevedere un adeguato parco macchine per l'illuminazione artificiale delle aree di lavoro durante eventuali lavorazioni notturne.

### 9.12.7 Casseforme

La tipologia delle casseforme metalliche o di eventuali altre casseforme provvisorie dovrà essere tale da consentire la realizzazione delle lastre così come indicato negli elaborati di progetto.

Un adeguato numero di casseforme dovrà essere posizionato sufficientemente in anticipo rispetto alle operazioni di stesa in modo tale da garantire una lavorazione continua.

Dopo che le casseforme sono state posizionate alla corretta quota e pendenza secondo le indicazioni previste dal progetto ed il loro posizionamento approvato dalla D.L., il terreno su entrambi i lati della base delle casseforme dovrà essere costipato sia meccanicamente che manualmente.

Le casseforme:

- dovranno essere posizionate con almeno 3 picchetti ogni 3 m;
- dovranno essere intimamente collegate fra di loro e non dovranno avere alcun movimento in qualsiasi direzione;
- non dovranno deviare dall'asse rettilineo per più di 5 mm in corrispondenza di ciascun giunto;
- saranno posizionate in modo tale da sopportare senza visibili cedimenti l'impatto e la vibrazione delle attrezzature per la stesa e la compattazione;
- prima di ogni ciclo di lavorazione, dovranno essere perfettamente pulite da eventuali residui di materiale ed opportunamente trattate con una pellicola di liquido disarmante.

### 9.12.8 Modalità di realizzazione

#### PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA

Prima di procedere alla stesa del calcestruzzo, l'Appaltatore dovrà provvedere alla sistemazione del piano di posa della pavimentazione eliminando avvallamenti e discontinuità.

Ove necessario per garantire il rispetto dei piani e delle pendenze del piano di posa esistente o richiesto dalla D.L., l'Appaltatore provvederà alla colmatura degli avvallamenti o discontinuità presenti con un impasto di calcestruzzo magro.

#### TRASPORTO DEL CALCESTRUZZO

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto al luogo della sua messa in opera dovrà essere effettuato in un tempo non superiore ai 30 minuti.

Se durante il trasporto si manifestassero fenomeni di segregazione l'Appaltatore dovrà provvedere ad un mescolamento preventivo della miscela prima di scaricare il calcestruzzo nella macchina spanditrice.



### STESA E VIBRAZIONE

Il calcestruzzo dovrà essere messo in opera in uno strato unico, uniforme ed omogeneo e dello spessore prescritto dagli elaborati di progetto.

Il tempo di vibrazione dovrà essere il minimo necessario ad operare un efficace costipamento del calcestruzzo, evitando una vibrazione eccessiva che possa produrre reflimento di malta o di acqua in superficie.

L'azione vibrante deve essere simultanea ed uniforme sull'intera larghezza della striscia in lavorazione e per tutto il suo spessore. Nel caso di stesa contro lastre esistenti si dovrà provvedere, mediante vibrator azionati manualmente ad ago e/o a piastra, a costipare in maniera idonea il calcestruzzo fresco lungo i bordi delle medesime.

La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere eseguita con tutta la cura e gli accorgimenti necessari perché la lastra risulti compatta per tutta la sua altezza, con precisi spessori e nel rispetto delle sagome prescritte.

Inoltre, i bordi delle lastre realizzate con macchinari all'allontanamento delle casseforme dovranno rimanere regolari e senza deformazioni e slabbrature.

Durante il getto anche le più piccole correzioni della superficie dovranno essere eseguite esclusivamente con calcestruzzo di composizione normale, steso eventualmente previa riapertura delle zone circostanti già costipate e vibrato quanto necessario per regolarizzare la lastra.

La lavorazione dovrà essere ultimata prima dell'inizio della presa del cemento.

La stesa del calcestruzzo non dovrà, di norma, essere eseguita con temperatura ambiente inferiore a 5 °C e superiore a 30 °C e non sotto pioggia.

Potrà tuttavia essere consentita dalla D.L., in casi eccezionali, la stesa a temperatura superiore a 30 °C.

### FINITURA DEL CALCESTRUZZO

La finitura superficiale del calcestruzzo dovrà essere eseguita eliminando eventuali ondulazioni longitudinali o trasversali mediante trave vibrante.

Non appena la finitura superficiale del calcestruzzo è stata completata, tutta la pavimentazione dovrà essere striata trasversalmente mediante un idoneo dispositivo in grado di rendere la superficie scabra, secondo striature regolari ed uniformi, e dovrà verificarsi che essa corrisponda esattamente ai piani ed alle sagome prescritte, e presentare un aspetto uniforme senza irregolarità.

Il dispositivo per le striature dovrà essere bagnato e frequentemente pulito onde rimuovere particelle di calcestruzzo o di malta ad esso aderenti che righerebbero in modo anormale la superficie di calcestruzzo.

Il dispositivo per le striature dovrà essere manovrato lateralmente o da apposito ponte mobile.

Durante queste operazioni si provvederà contemporaneamente a controllare le tolleranze prescritte onde potervi apportare tempestivamente rimedio.

### PROTEZIONE E STAGIONATURA

Non appena terminata la finitura superficiale si procederà a salvaguardare il calcestruzzo dalla evaporazione dell'acqua di impasto ed a proteggerlo durante le prime ore della presa dai raggi diretti del sole e dall'azione del vento mediante spruzzatura sulla superficie di apposita vernice protettiva di stagionatura di tipo approvato dalla D.L.

Il tempo di intervento sarà ridotto al minimo al fine di evitare l'insorgere di microfessure durante il periodo di presa del calcestruzzo.

La vernice antievaporante dovrà essere spruzzata mediante apparecchio spruzzatore in modo da realizzare su tutta la superficie uno strato protettivo uniforme che non presenti soluzioni di continuità.

Ove con una sola stesa non si riuscisse a coprire uniformemente tutta la superficie, potrà essere richiesta dalla D.L. la stesa di una seconda mano, compatibilmente con le caratteristiche applicative imposte dalla casa costruttrice.

La spruzzata di vernice dovrà essere eseguita anche sui fianchi dei getti non appena tolte le casseforme.

L'Appaltatore dovrà predisporre dei dispositivi approvati dalla D.L. per proteggere il calcestruzzo fresco da eventuali danni dovuti a dilavamento, nel caso di improvvise piogge durante le fasi di stesa e finitura.

### **9.12.9 Giunti**

#### FORMAZIONE DI GIUNTI TRASVERSALI DI COSTRUZIONE

Questo tipo di giunto si realizza durante la fase di posa in opera delle lastre, tra le lastre già eseguite ed il getto di ripresa, e consiste nel preventivo inserimento in un'opportuna sagomatura della superficie di separazione tra le due lastre.

#### FORMAZIONE DI GIUNTI TRASVERSALI DI CONTRAZIONE

Tali giunti saranno posti alle distanze indicate nei disegni di progetto.

Essi saranno realizzati tramite il taglio del calcestruzzo, per una larghezza non inferiore a mm 3 e per una profondità pari a 1/4 dello spessore, eseguito normalmente all'asse longitudinale della pavimentazione, secondo quanto previsto in progetto. Nell'esecuzione dei tagli si dovrà aver cura che questi si intestino perpendicolarmente sul bordo delle lastre esistenti.

Nelle opere di taglio mediante utensile con corona diamantata si deve avere l'accortezza di eseguire il taglio al più presto, compatibilmente con una sufficiente resistenza del calcestruzzo giovane allo sgranamento, onde prevenire una intempestiva fessurazione naturale per contrazione e ritiro.

Il momento di tale intervento sarà deciso dall'Appaltatore sulla base delle esperienze maturate e delle caratteristiche del calcestruzzo impiegato.

Laddove, secondo i disegni di progetto, sono previste barre di trasferimento, esse saranno lisce.

#### GIUNTI DI DILATAZIONE

I giunti di dilatazione sono giunti a tutto spessore riempiti da apposito materiale comprimibile e sagomato in modo tale che il suo spessore possa consentire la dilatazione delle lastre senza che vengano a contatto diretto tra loro.

I giunti avranno dimensioni, caratteristiche e collocazioni come indicato nei disegni di progetto.

Le tavolette di materiale deformabile da inserire dovranno avere l'altezza prevista in progetto. La posa in opera delle tavolette dovrà essere preliminare al getto e dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti e la cura necessari perché il giunto risulti rettilineo, regolare e della larghezza stabilita. Durante le operazioni di getto il bordo superiore delle tavolette dovrà essere protetto, formando lo spazio necessario all'inserimento del materiale di sigillatura. Il calcestruzzo che dovesse eventualmente riempire lo spazio del giunto andrà completamente rimosso.

Ove possibile, per ragioni di economia di lavoro e di riduzione delle discontinuità, è bene fare coincidere i giunti di dilatazione con quelli di costruzione. Le modalità di esecuzione sono analoghe ai giunti di costruzione stessi.

La dimensione del giunto deve essere determinata verificando che, nella massima fase di chiusura, il materiale di riempimento (soggetto a pressioni elevate) non fuoriesca dal giunto stesso.

In caso di contrazioni particolarmente ampie si consiglia di prendere accorgimenti tali da evitare aperture del giunto eccessive all'estradosso della lastra, inserendo giunti a pettine o altri accorgimenti opportuni.

La profondità dell'eventuale taglio, da realizzarsi in fase successiva per l'inserimento del riempitivo, è influente ai fini delle prestazioni del giunto.

#### GIUNTI DI SEPARAZIONE

La pavimentazione deve essere completamente desolidarizzata da elementi fissi e/o singolari (muri, pilastri, travi di fondazione, pozzetti ecc.) allo scopo di evitare o limitare l'innescio di fessure dovute alla impedita deformabilità della pavimentazione in prossimità di tali elementi.

Interessano tutto lo spessore della pavimentazione e devono essere realizzati posando una striscia continua di materiale deformabile lungo lo sviluppo dell'elemento da isolare, di spessore non inferiore a 20 mm.

#### SIGILLATURA DEI GIUNTI

Una volta terminato il periodo di stagionatura del calcestruzzo, si procederà immediatamente alla predisposizione della sede in cui verranno collocati i materiali di sigillatura dei giunti.

Tale lavorazione verrà eseguita con idonee macchine impieganti utensili a corona diamantata in grado di eseguire i tagli sul calcestruzzo secondo i disegni di progetto.

Il giunto così predisposto sarà quindi liberato da qualsiasi detrito mediante appositi attrezzi e le pareti accuratamente ripulite dalla polvere ed asciugate mediante getti rispettivamente di acqua ed aria in pressione.

A giunto perfettamente asciutto si procederà all'applicazione del materiale sigillante.

I mastici per l'effettuazione delle sigillature dei giunti vanno usati sotto il controllo continuo della D.L. e dopo autorizzazione specifica.

Essi dovranno avere requisiti rispondenti alle norme ASTM D1850, D1852, SS-S-1956 ed SS-S-200 per prodotti colati a freddo.

I prodotti colati a freddo saranno costituiti da formulati sintetici a due componenti (Base e Reagente) a base di resine poliuretatiche modificate, da miscelare al momento dell'uso secondo le proporzioni indicate dalla Ditta produttrice (orientativamente il rapporto di miscelazione è Base/Reagente = 65/35, in peso). 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 20 °C e a 65% 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 1410 ( $\pm$  50) g/dmc. Il prodotto dovrà assicurare un elevato allungamento a rottura (> 500%) ed un'elevata resistenza chimica al cherosene, al gasolio ed alla nafta.

I sigillanti di cui si proporrà l'utilizzazione dovranno essere approvati dalla D.L. 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.);
- tolleranza nella proporzione dei sigillanti a più componenti.

Fintanto che i giunti non saranno riempiti, non sarà consentito il transito sulla pavimentazione, a meno che l'Appaltatore non abbia adottato le cautele per evitare la penetrazione di corpi estranei nel giunto mediante sigillatura temporanea con corda di amianto, nastro adesivo o altro.

#### 9.12.10 Ripristini della pavimentazione

Le eventuali fessurazioni delle lastre insorte per intempestivo taglio dei giunti di contrazione e comunque dovute a fatti imputabili alla non corretta conduzione del cantiere, saranno saturate con iniezioni di resine epossidiche spinte a rifiuto.

Le eventuali irregolarità superficiali delle nuove lastre e dei bordi dei giunti a questi afferenti dovranno essere ripristinate secondo le indicazioni fornite dalla D.L. mediante gli opportuni materiali.

Resta inteso che tutte le operazioni di ripristino, nonché la fornitura dei materiali, resteranno a totale carico dell'Impresa Appaltatrice.

#### 9.12.11 Lastre sommerse

Tali lastre saranno poste in opera, così come indicato negli elaborati di progetto, nei tratti di transizione con le pavimentazioni di tipo semirigido. Il calcestruzzo sarà del tutto analogo a quello delle lastre di cui ai punti precedenti e sarà gettato a mano, con le attrezzature e le modalità indicate precedentemente; secondo le sagome, gli spessori e le dimensioni indicate nei disegni di progetto.

Le lastre saranno armate con rete elettrosaldata, disposta alla profondità indicata nei disegni di progetto ed ancorata saldamente allo strato di supporto.

Non è prevista l'esecuzione delle operazioni di finitura superficiale. Le lastre sommerse saranno collegate alle lastre adiacenti, laddove indicato nei disegni di progetto, mediante barre di trasferimento lisce.

#### 9.12.12 Protezione superficiale dei giunti di contrazione

Per contrastare la propagazione in superficie delle fessure in corrispondenza dei giunti, si dovrà provvedere all'applicazione di una membrana impermeabilizzante con spessore 1,5 mm, autoadesiva a freddo, rinforzata con rete in polipropilene annegata nella massa gomma – bituminosa, resistente al binder caldo senza protezione.

Il compound gomma – bituminoso autoadesivo dovrà essere fornito montato su un idoneo foglio di carta siliconata, da asportare al momento dell'applicazione.

Le caratteristiche tecniche dovranno corrispondere ai seguenti requisiti minimi:

PROPRIETÀ	METODO DI PROVA	VALORE
TRASMISSIBILITÀ AL VAPORE D'ACQUA	ASTM E96-94	0,11 g/MQ GG
RESISTENZA ALLA TRAZIONE	ASTM D638-91	LONG. 5,73 N/MMQ
RESISTENZA AL PUNZONAMENTO	ASTM E154-88	253 N
ADESIONE AL CALCESTRUZZO CON PRIMER	ASTM D1000-88	150 N/MMQ (- 5°C) 3780 N/MMQ (+ 5°C)

ADESIONE SU SE STESSO LUNGO LE SORMONTE	ASTM D1000-88	1600 N/MMQ (- 5°C) 2250 N/MMQ (+ 5°C)
ADESIONE ALL'INTERFACCIA ASFALTO-MEMBRANA	ASTM D570-88	0,3 N/MMQ
FLESSIBILITÀ ALLE BASSE TEMPERATURE	MOAT 27-83	OTTIMALE A -20 °C

La superficie di supporto dovrà essere liscia e regolare. Qualora si evidenziassero protuberanze superiori a 5 mm, si procederà alla loro rimozione.

La superficie dovrà essere pulita, asciutta e libera da detriti, depositi di oli o altri contaminanti chimici. Le superfici dovranno essere trattate con apposito Primer fornito dal produttore della membrana, che dovrà essere lasciato asciugare per il tempo minimo riportato nelle istruzioni d'uso del produttore medesimo prima di procedere all'applicazione della membrana.

La membrana dovrà essere stesa con i sormonti in favore delle pendenze. Rotoli adiacenti verranno allineati e sovrapposti per 100 mm minimi e i sormonti dovranno essere ben rullati con pressione costante usando l'apposito rullo.

La posa in opera del conglomerato bituminoso dovrà essere eseguita al più presto possibile, ad una temperatura non superiore a 140 – 145 °C.

### 9.12.13 Controlli e verifiche

#### CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

In corso d'opera, l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, effettuare controlli con la frequenza richiesta dalla D.L. su campioni di calcestruzzo fresco prelevati alla centrale e/o alla finitrice.

Il calcestruzzo dovrà avere i valori di lavorabilità, misurati con il cono di Abrams (slump test), come richiesto al § 0.

Inoltre, il carico di rottura a trazione per flessione misurato con le modalità descritte dalla Norma UNI EN 12390-5 su travetti delle dimensioni di cm 15x15x60 confezionati con calcestruzzo fresco e stagionati per 28 giorni, dovrà risultare non inferiore a 4,5 N/mm<sup>2</sup>.

L'Appaltatore dovrà inoltre procedere alla determinazione del grado di uniformità della produzione tramite la resistenza caratteristica del conglomerato, che sarà ricavata come indicato nel D.M. 14/01/2008 in funzione del valore medio sperimentale della resistenza, del numero delle prove e della dispersione dei risultati.

I prelievi verranno fatti nel luogo e nei momenti scelti dalla D.L., con intervallo massimo di 30 minuti.

Essi devono comportare un volume di calcestruzzo uguale ad una volta e mezza circa il volume necessario per le prove.

Se la quantità da controllare ha un volume superiore a mc 2 si effettuano almeno 3 prelievi; se essa ha un volume inferiore a mc 2 si effettuano almeno 2 prelievi.

Quando si effettuano prelievi su di una quantità da controllare, due di tali prelievi devono provenire rispettivamente dalla fine del primo terzo e dall'inizio dell'ultimo terzo della stessa quantità.

L'Appaltatore dovrà inoltre, a richiesta della D.L., effettuare, sui campioni di materiale prelevati all'impianto di produzione, le seguenti prove:

- verifica della granulometria delle varie pezzature di aggregati (Norma UNI EN 933-1), campionate sia dagli autocarri in fornitura sia dai cumuli stoccati a piazzale ogni 200 mc, ed ogni qualvolta vengano forniti all'impianto nuovi quantitativi di materiale;
- controlli dell'equivalente in sabbia con la stessa frequenza di cui sopra.

L'Appaltatore è tenuto a chiedere per tempo l'approvazione della D.L. ogni volta che intende usare materiale di qualità e pezzatura differente da quelli usati fino ad allora.

In questo caso l'Appaltatore dovrà procedere allo studio di un nuovo impasto da sottoporre all'approvazione della D.L.

#### **9.12.14 Controllo della lavorazione e requisiti di accettazione**

##### A) FINITURA SUPERFICIALE

La superficie finita della pavimentazione non dovrà presentare in nessun punto ondulazioni ed irregolarità di livellette superiori a 3 mm in più o in meno rispetto alla faccia inferiore di un regolo metallico rettilineo della lunghezza di 3 m (UNI EN 13036-7) comunque disposto sulla superficie della pavimentazione.

La stessa superficie finita non dovrà discostarsi dalle livellette di progetto di  $\pm 1$  cm su una lunghezza di 50 m.

In caso di irregolarità o di deficienza superiori ai limiti sopra detti, l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, provvedere a regolarizzare la superficie come dalla norma suddetta e, se necessario, rimuovere e ricostruire lo strato di calcestruzzo per il suo intero spessore e per l'estensione richiesta dalla D.L.

Dovranno pure essere rimossi ricostruiti a cura dell'Appaltatore gli strati di calcestruzzo eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause.

##### B) SPESSORE DELLE LASTRE

Lo spessore effettivo delle lastre da realizzare verrà verificato a mezzo di carote estratte dalla pavimentazione.

Tali carote avranno un diametro di cm 10 circa e dovranno essere prelevate con la frequenza di una ogni mq 100 di pavimentazione.

Lo spessore della carota sarà la media di 5 misure effettuate in corrispondenza del centro e degli estremi di due diametri fra loro perpendicolari.

Ogni deficienza di spessore superiore a 12 mm, rispetto al valore di progetto, comporterà il rifiuto ed il rifacimento delle lastre difettose, a cura e spese dell'Appaltatore.

##### C) RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO

La Direzione Lavori avrà la facoltà discrezionale di verificare la resistenza a trazione per flessione del calcestruzzo finito in opera prelevando dalla pavimentazione campioni costituiti da tasselli delle dimensioni di circa 0,50x0,80 m.

Da detti tasselli verranno ricavati, mediante fresa, due travetti delle dimensioni di 0,15x0,15x0,60 m, il primo dei quali dovrà avere una delle facce coincidenti con la superficie superiore della lastra, il secondo una delle facce coincidenti con la superficie inferiore della lastra.

I travetti verranno rotti a flessione disponendo le due facce anzidette nella zona tesa. Il valore della resistenza a rottura di ciascun travetto non dovrà essere inferiore a 4,6 N/mm<sup>2</sup> dopo stagionatura di 28 giorni.

E' facoltà della D.L. prescrivere prove a 7 gg. di stagionatura.

Si dovrà procedere al prelevamento di un campione ogni mq 100 di pavimentazione finita.

Tutti i fori aperti nello strato di pavimentazione in calcestruzzo cementizio per il prelievo di campioni dovranno essere, a cura e spese dell'Appaltatore, immediatamente riempiti con lo stesso calcestruzzo impiegato per la stesa della pavimentazione, curando in modo particolare la perfetta impermeabilizzazione dei medesimi lungo la linea di taglio.

### 9.13 Tubazioni

#### 9.13.1 Tubazioni

##### GENERALITÀ

Le tubazioni per esalazioni, scariche e fognature saranno poste in opera:

##### interrate:

la profondità di posa dei tubi dovrà essere almeno 0,80 m riferita alla generatrice superiore, se non diversamente indicata in progetto, ed in ogni caso sarà stabilita in funzione dei carichi dovuti a circolazione, del pericolo di gelo e del diametro della tubazione.

Il tubo sarà steso su uno strato di materiale fino, di spessore non inferiore a 10 cm e sarà poi rinfiato e ricoperto con lo stesso materiale per uno spessore non inferiore a 15 cm o rivestito in calcestruzzo, come da indicazioni di progetto.

Il riempimento successivo dello scavo potrà essere costituito da materiale di risulta dallo scavo stesso costipato per strati.

Le prove di tenuta dovranno essere effettuate prima della chiusura delle tracce o del rinterro.

##### TUBI DI P.V.C. RIGIDO

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato, con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, del tipo 303 serie pesante secondo norme UNI 7447/87. Sarà interrata in un cavo delle dimensioni previste in progetto sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento; qualora previsto in progetto sarà rinfiata con conglomerato cementizio, del tipo di fondazione con classe di resistenza > 20/25 MPa.

Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

La Direzione Lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli, a cura e spese dell'Impresa, ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali inadeguati.

I tubi in PVC, per scarichi verticali o esalazioni sono: rigido di tipo 302, secondo norme UNI 7443/85, con giunzioni a bicchiere sigillate a collante.

##### TUBI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (PEAD) PER CONDOTTE IN PRESSIONE

Il progetto prevede la realizzazione di una condotta in pressione per lo smaltimento delle acque di prima pioggia disoleate. Tale tubazione dovrà essere in PEAD PE100 PN10 del diametro DN200mm.

La tubazione dovrà essere in polietilene ad alta densità PE100 PN10 SDR17 conforme alla norma UNI EN 12201-2 per condotte d'acqua in pressione, con marchio di conformità IIP o equipollente, sigla della materia prima impressa indelebilmente sulle tubazioni.



La tubazione dovrà essere prodotta da ditta in possesso di certificazione di conformità alla UNI EN ISO 9001/2008.

#### TUBI IN POLIETILENE CORRUGATI PER CONDOTTE NON IN PRESSIONE

Tubazione in polietilene per condotte di scarico interrate non in pressione a doppia parete, il tutto conforme alla norma UNI EN 13476-3 costruita da ditta in possesso della certificazione di qualità aziendale secondo UNI EN ISO 9001/2000. di diametro nominale esterno. Il profilo di parete dovrà essere internamente liscio e colorato per consentire una migliore ispezionabilità visiva o con telecamere. Esternamente la struttura dovrà essere idonea a garantire il momento d'inerzia necessario per ottenere la rigidità anulare SN4 (4 kN/mq) o SN 8 (8 kN/mq) secondo le indicazioni degli elaborati di progetto nel rispetto della norma EN ISO 9969.

La flessibilità anulare dovrà essere verificata secondo metodo UNI EN1446 con deformazione pari al 30% del diametro esterno della tubazione

Le barre dovranno riportare sulla superficie esterna la marcatura indicata dalla norma di riferimento; le giunzioni degli elementi dovranno essere eseguite senza soluzione di continuità con il tubo, lasciando, pertanto, invariato il diametro interno della tubazione e potranno essere eseguite mediante bicchiere o manicotto e guarnizione in EPDM, oppure mediante elettrofusione o saldatura per estrusione con apporto di materiale.

L'accatastamento dei tubi in PEAD deve essere effettuato in luogo riparato dai raggi solari su superfici che non presentino irregolarità tali da provocare deformazioni dei tubi nel tempo; l'accatastamento non deve superare l'altezza di 2 m

La profondità di posa dei tubi in P.E dovrà essere almeno di 0,80 m riferita alla generatrice superiore ed in ogni caso sarà stabilita dalla Direzione Lavori, in funzione dei carichi dovuti alla circolazione, del pericolo di gelo e del diametro della tubazione.

### **9.13.2 Giunzioni**

#### GIUNZIONI PER SALDATURA

Dovranno essere sempre eseguite da personale qualificato, con apparecchiature idonee ed in ambiente atmosferico tranquillo.

#### SALDATURE TESTA A TESTA

Usate nelle giunzioni fra tubo e tubo e fra tubo e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso. Prima di effettuare le operazioni inerenti alla saldatura, occorrerà fare in modo che tutte le generatrici del tubo siano alla medesima temperatura.

Per una perfetta saldatura il P.E.a.d. richiede:

- temperatura superficiale del termoelemento  $473\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ;
- tempo di riscaldamento variabile in relazione allo spessore;
- pressione in fase di riscaldamento, riferita alla superficie da saldare tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra.

#### GIUNZIONI ELETTROSALDABILI

Eseguite riscaldando elettricamente il bicchiere in P.E.a.d. nel quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione il polietilene; tali giunzioni sono consigliabili quando si devono unire due estremità di tubo che non possano essere rimosse dalla loro posizione.



### GIUNZIONI MEDIANTE SERRAGGIO MECCANICO

Possono essere utilizzate mediante i seguenti sistemi:

#### GIUNTI METALLICI.

Esistono diversi tipi di giunti metallici a compressione i quali non effettuano il graffaggio del tubo sull'esterno (es. giunti GIBAULT) e quindi necessitano di una boccola interna.

Nel caso che il graffaggio sia effettuato sull'esterno del tubo non è indispensabile tale boccola.

#### RACCORDI DI MATERIA PLASTICA.

Sono usati vari tipi di raccordi a compressione di materia plastica, nei quali la giunzione è effettuata con l'uso di un sistema di graffaggio sull'esterno del tubo.

#### GIUNZIONI PER FLANGIATURA

Per la flangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali si usano flange scorrevoli infilate su collari saldabili in P.E.a.d..

I collari, data la resistenza che devono esercitare, saranno prefabbricati dal fornitore dei tubi e saranno applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa.

Le flange saranno quindi collegate con bulloni o tiranti in acciaio inox di lunghezza appropriata.

A collegamento avvenuto flange e bulloni saranno convenientemente protetti contro la corrosione.

#### COLLEGAMENTO FRA TUBI IN P.E.A.D. E TUBAZIONI DI ALTRO MATERIALE

Il collegamento fra tubi in P.E.a.d. in pressione e raccordi, pezzi speciali ed accessori di altro materiale (grès, acciaio zincato, cemento, ecc.) avviene generalmente o con una giunzione mediante serraggio meccanico a mezzo flange o con collari a saldare predisposti su tubo.

In questi casi, data la diversità di caratteristiche fra le tubazioni, il collegamento avverrà entro pozzetto di ispezione.

Nella realizzazione delle giunzioni dovrà essere garantita la perfetta tenuta non solo al momento della posa, ma anche con le massime sollecitazioni ipotizzabili (asestamenti, variazioni termiche, passaggio d'automezzi pesanti ecc.).

#### 9.14 pozzetti, canalette, cordonature, manufatti

Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, prelevando da ogni partita un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla stessa Direzione Lavori.

(Ogni partita composta di 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature; di 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi).

Le operazioni di prelievo e di prova saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

Qualora la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tassativamente si prescrive che ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati positivi delle prove.

### 9.14.1 Pozzetti, chiusini, griglie

#### POZZETTI PREFABBRICATI IN C.A.V.

Il pozzetto prefabbricato in cemento armato vibrato ben stagionato, avente classe di resistenza > 20/30 MPa, armatura in rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati, spessore delle pareti non inferiore a 6,5 cm, sarà posto in opera previa esecuzione di scavo in materia di qualsiasi natura e consistenza, su di una platea dello spessore di 15 cm in conglomerato cementizio avente classe di resistenza > 15/20 MPa, completo di collegamento con le tubazioni in entrata ed uscita, della sifonatura con setto trasversale, degli anelli aggiuntivi per raggiungere le quote indicate in progetto e del chiusino battentato con caratteristiche come riportate successivamente.

I pozzetti di ispezione saranno forniti e posti in opera ove previsto in progetto e saranno dotati di dispositivi di chiusura e coronamento (chiusini e griglie) conformi per caratteristiche dei materiali di costruzione di prestazioni e di marcatura a quanto prescritto dalla norma UNI EN 124 e saranno in Classe F900 e/o D400.

Il marchio del fabbricante deve occupare una superficie non superiore al 2% di quella del coperchio e non deve riportare nomi propri di persone, riferimenti geografici riferiti al produttore o messaggi chiaramente pubblicitari

A posa avvenuta, la superficie superiore del dispositivo dovrà trovarsi a perfetta quota del piano finito.

#### CHIUSINI E GRIGLIE

Completi di telaio, a chiusura battentata, saranno posti in opera su pozzetti e/o canalette o ancorati agli stessi.

Possono essere in:

- calcestruzzo avente classe di resistenza > 25/30 MPa, armato con rete elettrosaldata di diametro e maglia adeguati; il telaio, nello stesso materiale, sarà allettato con malta cementizia;
- ghisa in griglia sferoidale classe F900 e/o D400, di tipo carrabile; il telaio, nello stesso materiale, sarà ancorato al cordolo di sommità;
- manufatti in ferro profilato e/o lamiera in ferro striata, zincati a caldo o sabbiati e verniciati a tre mani con ciclo "D".

Saranno conformi alle norme UNI - EN 124 (Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature).

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo non dovrà essere inferiore a 600 mm.

Tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante: la norma di riferimento; la classe corrispondente; la sigla e/o nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

### 9.14.2 Segnalazione delle condotte

Prima del completamento del rinterro, nei tratti previsti dal progetto dovrà essere stesa apposito nastro di segnalazione, indicante la presenza della condotta sottostante.

Il nastro dovrà essere steso ad una distanza compresa fra 40 e 50 cm dalla generatrice superiore del tubo per profondità comprese fra 60 e 110 cm. mentre, per profondità inferiori della tubazione, la

distanza tra il nastro e la generatrice superiore del tubo dovrà essere stabilita, d'accordo con la D.L., in maniera da consentire l'interruzione tempestiva di eventuali successivi lavori di scavo prima che la condotta possa essere danneggiata.

### 9.14.3 Realizzazione Scavi

Per quanto riguarda la posa delle condotte, l'Appaltatore dovrà, prima dell'inizio dei lavori, effettuare il controllo ed il coordinamento delle quote altimetriche delle condotte esistenti alle quali la tubazione da costruire dovrà collegarsi. Pertanto l'Impresa sarà tenuta a presentare alla Direzione dei lavori la planimetria e profilo del terreno con le quote dei ricettori finali, di eventuali interferenze con altri manufatti, di caposaldi planimetrici e di quota aggiuntivi di infittimento o spostati rispetto a quelli di progetto che fossero insufficienti o potessero essere danneggiati dalle macchine operatrici durante l'esecuzione dei lavori. Il prezzo dello scavo comprenderà l'onere dell'allargamento per la formazione delle nicchie laterali e sul fondo in corrispondenza dei giunti per l'accurata ispezione delle giunzioni stesse in fase di prova di tenuta.

Compiuta la muratura di fondazione o la costruzione di manufatti interrati, lo scavo che resta vuoto, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura e spese dell'Appaltatore, con le materie prescritte in progetto o, in difetto, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo, se non diversamente prescritto in progetto.

Gli scavi dovranno, quando occorra, essere solidamente puntellati e sbatacchiati con robuste armature, in modo da proteggere gli operai contro ogni pericolo, ed impedire ogni smottamento di materie durante l'esecuzione tanto degli scavi che della posa di condotte o della costruzione di murature.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellamenti e sbadacchiature, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo gli venissero impartite dalla direzione dei lavori.

Col procedere della posa delle condotte l'Appaltatore potrà recuperare i legnami costituenti le armature, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Ente Appaltante; i legnami però, che a giudizio della direzione dei lavori, non potessero essere tolti senza pericolo o danno dellavoro, dovranno essere abbandonati negli scavi.

### 9.14.4 Rinterri

Per il rinterro dei vuoti lasciati fra gli scavi ed i manufatti posati si impiegherà, a seconda delle specifiche indicazioni riportate nei disegni di progetto, materiale arido proveniente dalle cave di prestito appartenente ai gruppi A1 (A1a e A1b) riconosciuto idoneo dalla Direzione dei Lavori.

Nella formazione dei suddetti rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con automezzi o altre macchine operatrici non potranno essere scaricate direttamente nei cavi di condotte, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione dei lavori.

### 9.14.5 Posa in opera tubazioni

Prima di dare inizio ai lavori concernenti la posa dei tubi e canalizzazioni, l'impresa dovrà avere in deposito una congrua parte del quantitativo totale previsto dal progetto al fine di evitare ritardi nei lavori.



I condotti che l'impresa intenderà porre in opera dovranno corrispondere per forma e caratteristiche ai campioni prelevati dalla direzione lavori e custoditi presso la Stazione appaltante, il direttore lavori visiterà i tubi forniti una volta nel cantiere ed una volta immediatamente prima della loro posa in opera; i tubi che non corrisponderanno ai campioni approvati, non confezionati in base alle prescrizioni saranno rifiutati e l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immediato allontanamento a sua cura e spese.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire previo assenso della direzione lavori. I tubi saranno allineati secondo gli assi delle livellette di progetto indicati con filo di nylon teso o raggio laser tra i punti fissati dalla direzione lavori. I tubi dovranno essere posati da valle verso monte e, se con giunzione a bicchiere, con il bicchiere orientato in senso contrario alla direzione del flusso, avendo cura che all'interno non penetrino detriti o materie estranee o venga danneggiata la superficie interna della condotta, delle testate, dei rivestimenti protettivi o delle guarnizioni di tenuta.

Il collaudo dovrà essere eseguito in conformità alla normativa UNI EN 1610 per le tubazioni in calcestruzzo.

## 9.15 Segnaletica orizzontale

### 9.15.1 Premessa

Le lavorazioni da eseguirsi sulla segnaletica orizzontale nell'ambito del presente progetto includono il ripristino della segnaletica orizzontale di tipo aeronautico e di tipo stradale. Le caratteristiche prestazionali di tale segnaletica sono state rappresentate all'interno del paragrafo 7.11.

### 9.15.2 Modalità di realizzazione della nuova segnaletica

#### ***Prescrizioni di carattere generale***

Oneri ed obblighi dell'appaltatore compresi nella fornitura in opera:

- materiali, attrezzature, mano d'opera specializzata ed ordinaria per la realizzazione della segnaletica
- trasporto, scarico, immagazzinamento, protezione e custodia del materiale in cantiere, in ambienti predisposti dall'Appaltatore;
- rifiuti, barattoli vuoti, stracci impregnati di vernice ed in genere tutti i materiali infiammabili, non dovranno essere abbandonati ma dovranno essere rimossi dalle aree ogni giorno, al termine del lavoro, e trasportati nel punto indicato, per questo genere di deposito, dalla DL.

#### ***Campionamento***

L'Appaltatore dovrà presentare per l'approvazione di campioni di supporti, possibilmente dello stesso materiale sul quale saranno applicati i prodotti vernicianti con i trattamenti secondo i cicli previsti in più tonalità di tinte per consentire di operare una scelta da parte della DL.

Secondo disposizioni impartite si dovrà completare un pannello o un tratto di pavimentazione.

La totalità del lavoro potrà procedere solo dopo che sarà stata data l'approvazione; perciò l'elemento scelto come campione servirà come riferimento al quale si dovrà uniformare l'intera opera da eseguire.

#### ***Idoneità di applicazione***

Circa l'idoneità di applicazione, dopo l'accettazione del materiale da impiegare, ci si dovrà attenere alle disposizioni impartite ed impegnarsi ad eseguire le opere ove occorra in ore consentite ed in condizioni climatiche idonee.

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

Si dovrà curare il riporto sulle pavimentazioni dei disegni medesimi e prima di procedere alla esecuzione dovrà sottoporli alla verifica ed approvazione.

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.

La vernice dovrà essere idonea per l'applicazione su pavimentazione stradale 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 oli.

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 microsferi 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.

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

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

### **Attrezzatura**

Tutta l'attrezzatura che si prevede di usare dovrà essere sottoposta all'approvazione della DL.

L'attrezzatura per la verniciatura a spruzzo (airless) sarà impiegata solo dove ne verrà concesso l'impiego e sarà corredata da pistole di tipo idoneo ad ogni singolo impiego.

L'eventuale compressore ad aria verrà installato in posizione concordata con la DL.

Tutta l'attrezzatura sarà mantenuta sempre in ottime condizioni di funzionamento. Si raccomanda perciò la pulizia accurata al termine di ogni giornata di lavoro.

### **Modalità di esecuzione dei lavori**

Circa le modalità di esecuzione dei lavori, dopo l'accettazione del materiale da impiegare, ci si deve attenere alle disposizioni impartite ed impegnarsi ad eseguire le opere ove occorra in ore consentite ed in condizioni climatiche idonee.

I lavori devono seguire la seguente successione di fasi:

- a) Spolvero e lavaggio delle pavimentazioni rigide o flessibili, 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 di 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. Si dovrà, prima di procedere alla esecuzione della segnaletica, sottoporre i riporti eseguiti sulle pavimentazioni alla verifica ed approvazione.
- c) Il piano stradale sul quale le strisce saranno tracciate, dovrà essere preventivamente ripulito ed essere completamente asciutto.
- d) Deposizione di strati di vernice catarifrangente gialla, bianca, rossa o nero sulle pavimentazioni, mediante l'impiego di macchine semoventi munite di perlinatore 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. 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 operate dai pneumatici degli aerei nelle varie condizioni di impiego.

- 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) Cautele dovranno essere prese al fine di evitare che aeromobili e veicoli percorrano le strisce prima della loro completa essiccazione.

### **Controlli e collaudi**

Sui lavori eseguiti saranno effettuate, nel numero e con la frequenza che sarà indicata (circa 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 Art. 15. Le prove saranno eseguite con apparecchi portatili tipo riflettometro e retroriflettometro.

Verifiche di aderenza, elasticità, spessore ecc saranno effettuate manualmente ed eventualmente anche in laboratorio.

Si verificherà infine che la vernice applicata in punti sbagliati, macchie, pennellature e sfregi causati dai lavori di verniciatura siano stati rimossi.

## **10. PARTE 4: NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DELLE OPERE**

### 10.1 Norme tecniche per la misurazione delle opere

#### **10.1.1 Valutazione dei lavori a corpo**

I lavori a corpo verranno valutati, per i pagamenti in acconto, in base alle percentuali di avanzamento delle opere realmente eseguite, secondo il disposto dell'art. 184 del D.P.R. 207/2010 del 21.12.1999: dette percentuali saranno determinate in base all'incidenza delle opere realizzate rispetto al totale delle opere da realizzare e verranno applicate agli importi parziali e totali indicati dalla stima dei lavori al netto del ribasso di aggiudicazione dell'Appalto; il computo metrico ed il computo metrico-estimativo non fanno parte della documentazione contrattuale.

Gli importi contrattuali, per le opere a corpo, si intendono comprensivi di ogni e qualsiasi onere sia diretto che accessorio, comprese le opere provvisorie, tutte le assistenze murarie e/o impiantistiche ed ogni altro ulteriore onere necessario, per dare i lavori perfettamente finiti e funzionanti, secondo progetto, nel rispetto di leggi, norme e regolamenti in vigore anche se non esplicitamente richiamate.

Detti importi sono fissi ed invariabili qualunque sia la quantità di ogni singola categoria di lavoro necessaria per dare l'opera perfettamente finita, funzionante e rispondente alle prescrizioni tutte contenute negli elaborati di progetto.

Eventuali varianti al progetto, sia in aumento che in diminuzione, dovranno essere espressamente ordinate dalla Direzione Lavori in corso d'opera per iscritto e dovranno riportare la preventiva approvazione della GESAC. Le varianti verranno computate utilizzando i prezzi unitari al netto del ribasso offerto dall'aggiudicatario in gara.

Per la valutazione delle percentuali di avanzamento, saranno computate le opere realmente eseguite e secondo le regole di seguito riportate.

#### **10.1.2 Normativa generale**

Qualora non sia diversamente indicato nelle singole opere o nel contratto d'appalto, le quantità delle opere eseguite saranno determinate con "metodi geometrici", oppure "a peso" restando escluso ogni altro metodo. Nelle singole categorie di lavorazioni, si intendono sempre compresi e compensati tutti gli oneri relativi a mano d'opera, mezzi d'opera a caldo e in piena efficienza, ricambi, materiali anche di consumo, opere provvisorie, assistenze murarie, oneri per lavorazioni in orario notturno, prove sperimentali, campo prove, illuminazione aree di cantiere, recinzioni aeroportuali anche luminose, perdita di produttività dovuta alle lavorazioni in orario notturno, in condizioni disagiate e ad eventuali disposizioni particolari che venissero impartite da Enti Aeroportuali e qualsiasi altro onere, anche non specificato, necessario alla esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

#### **10.1.3 Scavi, demolizioni, fresature e rimozioni**

Gli scavi e le demolizioni saranno misurate e compensate al metro cubo. Si terrà conto del volume effettivo "in loco", escludendo cioè l'incremento di volume che caratterizza le materie a seguito della demolizione.

Le fresature saranno misurate e compensate a metro quadro, in funzione dello spessore complessivo fresato.

Le rimozioni, infine, saranno misurate e compensate al peso di materiale rimosso.

L'articolo, valutato a metro cubo, al metro quadro o a peso, comprende e compensa i seguenti oneri:

- la demolizione eseguita con idonei mezzi meccanici e, ove occorrente, a mano con martello pneumatico;
- l'accurata pulizia della superficie eseguita con idonee attrezzature munite di spazzole e dispositivi aspiranti;
- il carico dei materiali sui mezzi di trasporto, il trasporto nei luoghi loro destinati secondo gli ordini della D.L.;
- ogni onere e magistero per dare l'opera finita a regola d'arte.

#### **10.1.4 Trasporti e discariche**

I trasporti si misurano a metro cubo di materiale misurato su automezzo. Il prezzo Elenco Prezzi, comprende e compensa, oltre tutti gli oneri per mezzi, consumi e mano d'opera, anche l'eventuale ritorno a vuoto del mezzo di trasporto.

Tutto il materiale proveniente da scavi e da demolizioni e che, su ordine della Direzione dei Lavori, non verrà riutilizzato per l'esecuzione delle opere, dovrà essere trasportato alle pubbliche discariche autorizzate al loro ricevimento a seconda delle rispettive classificazioni, comprendendo nel prezzo di Elenco tutti gli oneri per forniture, prestazioni, mano d'opera, sistemazione dei materiali in discarica, oneri di discarica, tasse ecologiche e per il ritorno a vuoto dei mezzi di trasporto.

#### **10.1.5 Scavi di fondazione**

Oltre che per gli obblighi particolari emergenti dal presente articolo, con i prezzi di elenco per gli scavi in genere l'Appaltatore si deve ritenere compensato per tutti gli oneri che esso dovrà incontrare:

- per taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- per il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte che bagnate, di qualsiasi consistenza ed anche in presenza d'acqua;
- per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico a rinterro od a rifiuto entro i limiti previsti in elenco prezzi, sistemazione della materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa;
- per la regolazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;
- per puntellature, sbadacchiature ed armature di qualsiasi importanza e genere secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente capitolato, compresi le composizioni, scomposizioni, estrazioni ed allontanamento, nonché sfridi, deterioramenti, perdite parziali o totali del legname o dei ferri;
- per impalcature, ponti e costruzioni provvisorie, occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo;
- per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento, ovvero del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco per tali scavi; vale a dire che essi saranno valutati sempre come eseguiti a pareti verticali ritenendosi già compreso e compensato con il prezzo unitario di elenco ogni maggiore scavo.

I prezzi di elenco, relativi agli scavi, sono applicabili unicamente e rispettivamente ai volumi di scavo compresi fra piani orizzontali consecutivi, stabiliti per diverse profondità, nello stesso elenco dei prezzi.

Pertanto la valutazione dello scavo risulterà definita, per ciascuna zona, dal volume ricadente nella zona stessa e dall'applicazione ad esso del relativo prezzo di elenco.

#### **10.1.6 Realizzazione canaletta grigliata F900 di drenaggio**

Le canalette in calcestruzzo cementizio eseguite secondo quanto indicato nell'articolo 8.10 delle presenti Norme Tecniche, relativo a tale categoria di lavori, verranno valutate a metro.

Detto prezzo comprende ogni onere e magistero necessario per dare le canalette in opera secondo le prescrizioni di installazione compresi i pozzetti di scarico intermedi ed esclusi, lo scavo necessario alla posa delle canalette e la relativa fondazione, la struttura di rinfianco in cemento armato nonché l'installazione della griglia in ghisa sferoidale recuperata dalla canaletta esistente demolita. Le lavorazioni escluse sono compensate a parte con i relativi articoli di lavoro.

La misurazione della canalette sarà effettuata lungo l'asse longitudinale del canale stesso.

#### **10.1.7 Ferri di armatura in acciaio**

Le barre di armatura o le reti elettrosaldate vanno misurate a peso. Detti pesi si devono applicare all'effettivo sviluppo delle rispettive armature metalliche, compresi i ganci ed eventuali sovrapposizioni.

Con l'applicazione dei pesi stessi resta compreso e compensato il quantitativo di filo ferro occorso per le legature, la fornitura e posa in opera dei distanziatori delle armature, e quanto altro necessario a dare l'opera completa.

Sono compresi e compensati anche gli oneri per l'effettuazione di tutte le prove previste dalle vigenti normative e dalle prescrizioni del presente disciplinare, nonché gli oneri per tutte le prove richieste dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore.

#### **10.1.8 Geotessili**

La stesa dei geotessili con funzioni filtranti e con funzioni di anticontaminazione deve essere contabilizzata misurando i metri quadri di tessuto steso. Tale superficie deve corrispondere a quella teorica desumibile dal progetto ed è comprensiva di sfridi, sovrapposizioni e sostituzioni in caso di danneggiamento a causa delle lavorazioni successive. Nelle lavorazioni del presente Appalto che prevedono l'utilizzo di geotessile verrà utilizzato il geotessile TENCATE T50 che verrà fornito direttamente dal Committente

#### **10.1.9 Geocomposito di rinforzo di strati in conglomerato bituminoso**

La stesa del geocomposito di rinforzo di strati in conglomerato bituminoso, con le caratteristiche indicate indicato nell'articolo 9.6 delle presenti Norme Tecniche, deve essere contabilizzata misurando i metri quadri di tessuto steso comprensivo di sfridi e sovrapposizioni. Tale superficie deve corrispondere a quella teorica desumibile dal progetto.

#### **10.1.10 Fondazione di misto granulare non legato**

La miscela costituente la nuova fondazione in materiale granulare non legato deve essere contabilizzata misurando il volume in metri cubi di materiale posto in opera e costipato. Tale volume deve corrispondere a quello teorico desumibile dal progetto strutturale.

Sono compensati tutti gli oneri per l'effettuazione delle prove di controllo previste dalla normativa e dalle prescrizioni del presente disciplinare, nonché tutti gli oneri per le prove complementari richieste dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore.

#### **10.1.11 Strato in misto cementato**

Il conglomerato costituente la nuova sottobase legata a cemento deve essere contabilizzato misurando il volume in metri cubi. Tale volume deve corrispondere a quello teorico desumibile dal progetto strutturale.

Sono compensati tutti gli oneri per l'effettuazione delle prove di controllo previste dalla normativa e dalle prescrizioni del presente disciplinare, nonché tutti gli oneri per le prove complementari richieste dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore.

#### **10.1.12 Strati di base, binder, usura in conglomerato bituminoso**

La contabilizzazione dei lavori di esecuzione degli strati legati a bitume della nuova pavimentazione sarà effettuata a metro quadro di superficie effettivamente stesa, secondo quanto previsto in progetto, per ogni centimetro di spessore posto in opera e costipato.

I prezzi applicati comprendono ogni onere e magistero necessario per dare la pavimentazione in opera, stesa e costipata su tutta la superficie oggetto di intervento. La superficie finita dovrà essere regolare, conformata secondo le pendenze prescritte in progetto e dovrà spianare perfettamente con i fili fissi perimetrali costituiti dalla pavimentazione della shoulder (nuova o esistente).

Sono compensati tutti gli oneri per l'effettuazione delle prove di controllo previste dalla normativa e dalle prescrizioni del presente disciplinare, nonché tutti gli oneri per le prove complementari richieste dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore.

#### **10.1.1 Lastre in calcestruzzo per pavimentazione rigida**

La contabilizzazione dei lavori di esecuzione delle lastre in calcestruzzo della nuova pavimentazione rigida sarà effettuata a metro cubo di superficie effettivamente stesa. Tale volume deve corrispondere a quello teorico desumibile dal progetto strutturale.

#### **10.1.1 Strato in conglomerato bituminoso "open grade" intasato con malta cementizia**

La contabilizzazione dei lavori di esecuzione di tale strato superficiale sarà effettuata a metro quadro di superficie effettivamente stesa, secondo quanto previsto in progetto.

#### **10.1.2 Calcestruzzo costituente il magrone di sottofondazione della canaletta di drenaggio**

Il conglomerato costituente il magrone di sottofondazione (eseguito con 150 kg di cemento a metro cubo) della canaletta di drenaggio deve essere contabilizzato misurando il volume in metri cubi esclusi gli oneri di scavo, compensati a parte, e compresi gli oneri per il livellamento del piano di posa. Tale volume deve corrispondere a quello teorico desumibile dal progetto strutturale.

Sono compensati tutti gli oneri per l'effettuazione delle prove di controllo previste dalla normativa e dalle prescrizioni del presente disciplinare, nonché tutti gli oneri per le prove complementari richieste dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore.

#### **10.1.3 Calcestruzzo durevole per rinfiacco della canaletta di drenaggio**

Il conglomerato costituente il calcestruzzo durevole per il rinfiacco della canaletta di drenaggio deve essere contabilizzato misurando il volume in metri cubi esclusi gli oneri, compensati a parte, degli scavi, rinterri, forniture all'armatura e casseforme eventuali. Tale volume deve corrispondere a quello teorico desumibile dal progetto strutturale.



Sono compensati tutti gli oneri per l'effettuazione delle prove di controllo previste dalla normativa e dalle prescrizioni del presente disciplinare, nonché tutti gli oneri per le prove complementari richieste dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore.

#### **10.1.4 Realizzazione di nuova segnaletica orizzontale**

La realizzazione della nuova segnaletica orizzontale verrà computata:

- per quanto riguarda le strisce, a metro lineare di verniciature effettivamente eseguite di larghezza di 15 cm, di qualsiasi colore. Strisce di larghezza differente (maggiore o minore) vengono compensate applicando una maggiorazione/riduzione per ogni cm di larghezza in eccesso/difetto rispetto a 15 cm, calcolato sull'intero sviluppo della striscia.
- per quanto riguarda le scritte, i simboli, i marking ecc. di qualsiasi colore a metro quadrato vuoto per pieno, calcolando l'area del poligono che racchiude il simbolo/scritta.

Il prezzo comprende ogni fornitura e magistero necessario per la realizzazione delle strisce, linee e scritte di segnaletica aeroportuale o stradale, a perfetta regola d'arte e conformemente a quanto prescritto dalla normativa vigente.