

**Beschluss
der Landesregierung****Deliberazione
della Giunta Provinciale**

Nr. 630
Sitzung vom 13/06/2017
Seduta del

ANWESEND SIND

Landeshauptmannstellvertr.
Landeshauptmannstellvertr.
Landesräte

Generalsekretär

Christian Tommasini
Richard Theiner
Waltraud Deeg
Florian Mussner
Arnold Schuler
Martha Stocker

Eros Magnago

SONO PRESENTI

Vicepresidente
Vicepresidente
Assessori

Segretario Generale

Betreff:

Technische Richtlinien für den
Straßenunterbau

Oggetto:

Direttive tecniche per il sottofondo stradale

Vorschlag vorbereitet von
Abteilung / Amt Nr.

11.6

Proposta elaborata dalla
Ripartizione / Ufficio n.

DIE LANDESREGIERUNG

Der Art. 83 Absatz 6 des LG Nr. 6 vom 17. Juni 1998 sieht die Standardisierung der besonderen Vergabebedingungen für die wichtigsten Kategorien der Landesbauten vor;

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für die obgenannten Vergabebedingungen;

Das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ dient ebenfalls als Referenz für die obgenannten Vergabebedingungen;

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen;

Es ist zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erlassen, welche von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasst worden sind;

Der technische Landesbeirat hat am 18.05.2017 das positive Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) zu den obgenannten Technischen Richtlinien erteilt.

Dies vorausgeschickt,

b e s c h l i e ß t

die Landesregierung einstimmig in gesetzmäßiger Weise:

1. Die „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ laut Anlage A) zu genehmigen;
2. festzulegen, dass die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über die Straßenbaurichtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ im Zweifels bzw. Konfliktfalle überwiegen, da sie spezifischer und rezenter sind.

LA GIUNTA PROVINCIALE

L'art. 83 comma 6 della LP n. 6 del 17 giugno 1998, prevede la standardizzazione dei capitolati speciali d'appalto per le categorie più importanti delle opere;

Dal 17 novembre 2006 sono in vigore le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“ le quali costituiscono la base di riferimento per i sopraccitati capitolati speciali d'appalto;

Il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, costituisce altresì la base di riferimento per i sopraccitati capitolati speciali d'appalto;

Ai sensi della circolare del Ministero dell'Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per incentivare l'utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le "Linee Guida sulla qualità e l'utilizzo dei materiali riciclati";

Si ritiene pertanto opportuno approvare le nuove direttive aggiornate allo stato dell'arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade;

Il Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 ha espresso il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294) con riferimento alle sopraccitate Direttive tecniche.

Ciò premesso

d e l i b e r a

a voti unanimi espressi nei modi di legge:

1. di approvare le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” di cui in allegato A);
2. di dare atto che le sopraccitate “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono in quanto più dettagliate e più aggiornate sulle „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“.

Dieser Beschluss wird im Amtsblatt der Region veröffentlicht.

DER LANDESHAUPTMANN

DER GENERALSEKRETÄR DER L.R.

La presente deliberazione sarà pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione.

IL PRESIDENTE DELLA PROVINCIA

IL SEGRETARIO GENERALE DELLA G.P.

ANLAGE A

TECHNISCHE RICHTLINIEN FÜR DEN STRASSENUNTERBAU

Prämisse

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für alle weiteren Dokumente, welche den Straßenbau in Südtirol regeln. Dies gilt in analoger Weise auch für das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ aus dem Jahre 2015.

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen.

Es war daher zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erarbeiten, welche vom technischen Landesbeirat am 18.05.2017 mit positivem Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) genehmigt worden sind. Im Zweifels- bzw. Konfliktfalle überwiegen die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über alle anderen Dokumente und Richtlinien des Landes zu diesem Thema, da sie spezifischer und rezenter sind.

Artikel 1 STRASSENKÖRPER

Abgesehen von den Straßenabschnitten mit Kunstbauten, wie Brücken und Tunnels, wird der Straßenkörper durch Erdbewegungen im Ein- oder Anschnitt oder als Damm erstellt.

Allgemein unterscheidet man bei den Erdbewegungen folgende Arbeitsgänge:

- die Rodung des Geländes (Schlagen der Bäume und Sträucher, Abräumen der Wurzelstöcke), Abtragen und Beseitigen des Oberbodens oder der Böden mit beträchtlichem Gehalt an organischen Stoffen;
- der Aushub für die Erstellung der Fahrbahn im Ein- oder Anschnitt, der Auflagerflächen für Aufschüttungen und Dammbauten und für die notwendigen Ausstattungen;
- der Aushub der Gräben für die Errichtung von Kunstbauten, der Aushub unter Wasser oder bei Wasserandrang, die Abbrucharbeiten, der Felsaushub;
- die Aufschüttung der Straßendämme und des Unterbaus, auf dem der Straßenoberbau aufliegt;
- die Hinterfüllungen oder Aufschüttungen im Allgemeinen;

Abgesehen von örtlich bedingten und begrenzten Sonderfällen, werden diese Arbeiten mit eigens ausgelegten Erdbewegungsmaschinen, Fördermitteln, sowie Einbau- und Verdichtungsgeräten ausgeführt. Zum Lösen von Fels und zum Zertrümmern von Bauteilen aus Stoffen mit erheblicher mechanischer Festigkeit sowie zur Zerkleinerung in für den Transport geeignete Bruchstücke beziehungsweise zur Herstellung von Stoffen zur Wiederverwendung des Abbruchs, kann der Einsatz von Sprengmitteln oder mechanischer Abbruchgeräte notwendig sein.

A – KLASSIFIZIERUNG DER ZUR ERSTELLUNG DES STRASSENKÖRPERS VERWENDETEN BÖDEN

A.1 – NATÜRLICHES LOCKERGESTEIN

Natürliches Lockergestein kann durch Lösen von natürlichen Bodenformationen oder von Felsgestein in jenen Abschnitten, in denen die Ausbildung des Straßenkörpers im Einschnitt geplant ist, oder durch Gewinnung in Vorkommen außerhalb der Baustelle beschafft werden. Der Aushub kann zum Bau von Straßenkörpern als Aufschüttungen, zur Bodenverbesserung, für Auffüllungen usw. verwendet werden, oder er muß, wenn ein Überschuß vorhanden ist oder wenn minderwertiger Boden anfällt, in zugelassenen Deponien gelagert werden.

Sollte es sich bei den verwendeten Böden nicht um Aushub handeln, sondern um aus Aufbereitungsanlagen angelieferte Stoffe, sind diese gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR der EU über Baustoffe und mit Leistungserklärung (DoP) zu qualifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem

Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Vor der Verwendung des Aushubs oder des angelieferten Bodens, muß der Auftragnehmer für jedes einzelne Vorkommen die Klassifizierung der Böden durch ein Untersuchungsprogramm und durch Laborversuche belegen.

Das zur Klassifizierung von Lockergestein verwendete Verfahren beruht auf der einheitlichen USCS-Klassifizierung von Lockergestein nach SN-Norm 670 008a und der DIN 18196.

Bei der Aufschüttung von Straßendämmen mit Aushub sind vorzugsweise Lockergesteine der Gruppen GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW und SP zu verwenden; in Ermangelung können Böden der Gruppen GC, SM, SW-SM, SP-SM, SW-SC und SP-SC verwendet werden.

Bei Böden der übrigen Gruppen ist zu überlegen, ob eine Verbesserung mit Kalk sinnvoll ist oder ob die Entsorgung auf einer Deponie vorzuziehen ist.

Bei von außerhalb der Baustelle befindlichen Vorkommen beschafften Böden, werden ausschließlich jene der Gruppen GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW und SP zugelassen.

Falls der Feuchtigkeitsgehalt des Aushubs so hoch ist, daß der Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit nach vorliegender technischen Norm nicht erreicht werden können, hat der Auftragnehmer geeignete Maßnahmen zu treffen, um den natürlichen Wassergehalt zu korrigieren beziehungsweise je nach Sachverhalt, die Aufschüttung durch Bodenverbesserung zu stabilisieren.

Unabhängig von der Zugehörigkeitsgruppe dürfen die verwendeten Materialien, keine organischen und insbesondere pflanzliche Bestandteile sowie lösliche oder verwitterbare Stoffe enthalten. Böden mit einem Gehalt an organischen Stoffen pflanzlicher Art von weniger als 2% können für Aufschüttungen verwendet werden, sofern sie zumindest 2 m unter der Befestigung eingebaut werden.

Klassifizierung der Lockermaterialien

Das vereinheitlichte Klassifizierungssystem für Lockergestein USCS (Unified Soil Classification System) wird in der Norm SN 670 008a und der DIN 18196 beschrieben; es beruht auf der Einteilung nach folgenden Grundeigenschaften der Materialien:

- Korngrößenverteilung;
- Zustandsgrenzen;
- Gehalt an organischen Bestandteilen.

Die Korngrößenverteilung der Böden wird nach UNI CEN ISO/TS 17892-4 / UNI EN ISO 14688-1 bestimmt. Verwendet werden die Siebe der ISO-Sätze 3310-1 und ISO 3310-2. Zur Beschreibung der Kornstufen werden die in Tabelle A.1 verwendeten Bezeichnungen verwendet.

Tabelle A.1					
Genereller Begriff	Hauptbegriff	Nebenbegriff	Korngröße		
			von (mm)	bis (mm)	
Grobkörniger Boden	Blöcke (Bo)		200	630	
	Steine (Co)		63	200	
	Kies (Gr)			2	63
		grob		20	63
		mittel		6,3	20
	Sand (Sa)	fein		2	6,3
			grob	0,063	2
		mittel	0,63	2	
		fein	0,2	0,63	
Feinkörniger Boden	Schluff (Si)		0,063	0,002	
		grob	0,02	0,063	
		mittel	0,0063	0,02	
		fein	0,002	0,0063	
	Ton / Lehm (Cl)		≤0,002		

Die Form der Sieblinie wird durch die zwei folgenden Kennzahlen bestimmt:

- Ungleichförmigkeitszahl: $C_U = D_{60} / D_{10}$
- Krümmungsbeiwert: $C_C = (D_{30})^2 / (D_{60} \cdot D_{10})$

Die Zustands- oder Konsistenzgrenzen nach Atterberg werden nach UNI CEN ISO/TS 17892-12 bestimmt. Für die Beschreibung der feinkörnigen Böden werden die Bezeichnungen gemäß Plastizitätsdiagramm (Abbildung A.1) verwendet:

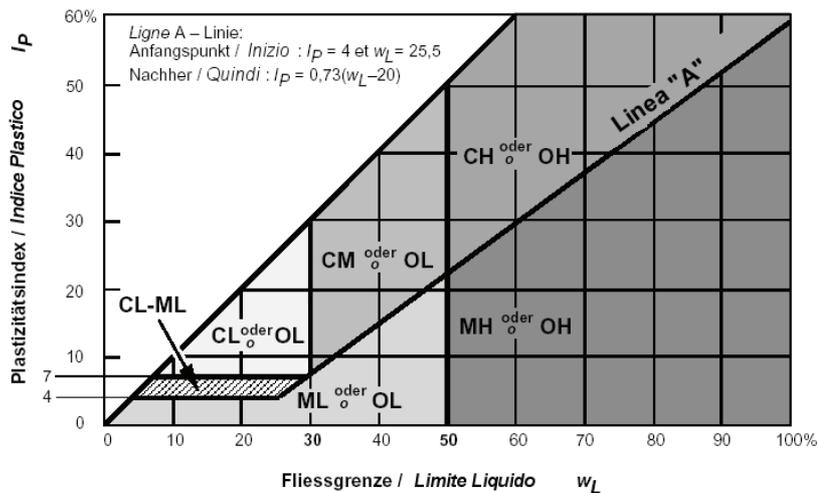


Abbildung A.1
Plastizitätsdiagramm

Organische Böden sind aufgrund der Farbe oder des Geruchs erkennbar. Für die vorliegende Klassifizierung wird ein Boden dann als organisch bezeichnet, wenn das Verhältnis zwischen der Fließgrenze des Stoffes, gemessen an einem im Ofen bei 105°C getrockneten Prüfkörper und der gemessenen Fließgrenze des im natürlichen Zustand belassenen Stoffes kleiner als 0,75 ist.

Grobkörnige Böden (Anteil mit $D=0,063 < 40\%$)

Als grobkörnig werden jene Böden bezeichnet, dessen Schluff-Ton-Gehalt ($P_{0,063}$) geringer als 40% ist. Sie werden in Kies und Sand je nach der vorwiegend enthaltenen Korngruppe unterteilt. Ferner gilt:

- wenn $P_{0,063}$ geringer als 5% ist, wird der Boden ausschließlich aufgrund der Form der Sieblinie klassifiziert;
- wenn $P_{0,063}$ größer als 12% ist, wird der Boden aufgrund der Eigenschaften des feinkörnigen Anteils klassifiziert (Plastizitätsdiagramm).
- wenn $P_{0,063}$ zwischen 5% und 12% liegt, wird der Boden sowohl aufgrund der Eigenschaften des feinkörnigen Anteils (Plastizitätsdiagramm) als auch aufgrund der Form der Sieblinie klassifiziert.

Die Klassifizierungsrichtlinien sind in der Tabelle A.2 zusammengefasst.

Feinkörnige Böden (Anteil mit $D=0,063 \geq 40\%$)

Feinkörnige Böden weisen einen Schluff-Ton-Gehalt ($P_{0,063}$) von mehr als 50% auf und werden aufgrund ihrer Lage im Plastizitätsdiagramm klassifiziert.

Tabelle A.2					
	Anteil $P_{0,063}$	Kennwerte Sieblinie $C_U - C_C$	Plastizität	Klasse	
Kies (Gr) und Anteil (%) Kies ($\Phi > 2$ mm) größer als Anteil (%) Sand ($0,06 < \Phi < 2$ mm)	< 5%	$C_U > 4$ und $1 \leq C_C \leq 3$		GW	
		$C_U \leq 4$ oder $C_C < 1$ o $C_C > 3$		GP	
	> 12%		ML, MH	GM	
			CL-ML	GM-GC	
			CL, CM, CH	GC	
	5% - 12%	$C_U > 4$ und $1 \leq C_C \leq 3$	ML, MH	GW-GM	
			CL-ML, CL, CM, CH	GW-GC	
		$C_U \leq 4$ oder $C_C < 1$ oder $C_C > 3$	ML, MH	GP-GM	
CL-ML, CL, CM, CH			GP-GC		
Sand (Sa) und Anteil (%) Sand ($0,06 < \Phi < 2$mm) größer als Anteil % Kies ($\Phi > 2$mm)	< 5%	$C_U > 6$ und $1 \leq C_C \leq 4$		SW	
		$C_U \leq 6$ oder $C_C < 1$ oder $C_C > 4$		SP	
	> 12%		ML, MH	SM	
			CL-ML	SM-SC	
			CL, CM, CH	SC	
	5% - 12%	$C_U > 6$ und $1 \leq C_C \leq 3$	ML, MH	SW-SM	
			CL-ML, CL, CM, CH	SW-SC	
		$C_U \leq 6$ oder $C_C < 1$ oder $C_C > 3$	ML, MH	SP-SM	
CL-ML, CL, CM, CH			SP-SC		
feinkörnige Böden Schluffe (Si) und Ton (Cl) Organische Böden (Or)	anorganisch	< 30	> 7	CL	
			$4 \leq I_p \leq 7$	CL-ML	
	organisch			< 4	ML
					OL
	anorganisch	$30 \leq W_L \leq 50$	über der A-Linie unter der A-Linie		CM
					ML
	organisch				OL
					OL
anorganisch	> 50	über der A-Linie unter der A-Linie		CH	
				MH	
organisch				OH	

A.2 – ANDERE STOFFE

Bei der Planung kann die Anwendung neuartiger Arbeitsverfahren oder nicht zu den natürlichen Böden gehörender Stoffe vorgesehen werden.

Der Auftragnehmer hat in solchen Fällen für die Einstufung und Eignungsprüfung der Stoffe die bei der Planung festgelegten, gegebenenfalls auf bestimmte, auch ausländische Normen bezogene Vorschriften, zu beachten.

Bei besonderen technischen Anforderungen kann der Auftragnehmer, im Rahmen der im Einzelfall gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die Verwendung von nicht ausdrücklich angeführten Stoffen vorschlagen.

Vor dem Gebrauch ist in letzterem Fall die Tauglichkeit der Stoffe für die vorgesehene Verwendung eingehend zu prüfen, bei Bedarf auch mittels Laborprüfungen; der Auftragnehmer hat für die Prüfungen und Untersuchungen zu sorgen und dafür aufzukommen.

B) ARBEITSVORBEREITUNG

1) Klassifizierung der Böden

Vor dem Arbeitsbeginn hat der Auftragnehmer dem Bauleiter ein ausführliches Arbeitsprogramm für die Erdbewegungen zur Genehmigung vorzuschlagen, sowie die am besten geeignete Ausführungsverfahren für die Arbeiten zu erkunden; das Ergebnis ist mit Labor- oder Feldversuchen zu belegen.

In der Regel sind besagte Untersuchungen wie folgt gegliedert:

- Geländeaufnahme und Kartierung zur Feststellung der Morphologie des Geländes; die Aufnahmen sollten örtlich mit für die Planung maßgeblichen Gegebenheiten, etwa Schnitten oder Profilen übereinstimmen (Grundplan);
- Ermittlung der Mächtigkeit des Oberbodens mit Schürfungen;
- Ermittlung der Art und des Zustands der sowohl auf der Baustelle als auch in sonstigen Vorkommen gewonnenen Böden, um deren Brauchbarkeit zu beurteilen; hierzu sind folgende Laborprüfungen aufschlußreich:
 - Korngrößenverteilung und Konsistenzgrenzen nach Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-4 oder DIN 18122-1) oder der Penetrationsversuch mit konischer Spitze (UNI CEN ISO/TS 17892-12), um eine Klassifizierung nach DIN 18196 zu erhalten;
 - Natürlicher Wassergehalt (UNI CEN ISO/TS 17892-1) und Konsistenzzahl (UNI CEN ISO/TS 14688-2);
 - Proctorkurve, standard und/oder modifiziert, mit Ermittlung der maximalen Trockendichte ($\gamma_{d\max}$) und des optimalen Wassergehalts für die Verdichtung w_{opt} nach UNI EN 13286-2; für Böden mit einem Rückstand am Sieb 25 mm größer 15% ist das Verfahren nach DIN 18127 (große Versuchsform) anzuwenden;
 - Vergleichende Korngrößenanalysen (UNI CEN ISO/TS 17892-4/ UNI EN 933-1.), vor und nach dem Verdichtungsversuch, beschränkt auf Böden, in denen brüchige oder instabile Bestandteile enthalten sein könnten;
 - Relative Tragfähigkeit als CBR-Wert, mit Versuchsverfahren, wo die Verwendung der Böden, die Sättigungsgefahr durch Wasserandrang (durch Sickerung und/oder kapillar) und der voraussichtliche Verdichtungsgrad berücksichtigt werden. Um den Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Verdichtungsgrad einerseits und der Tragfähigkeit der eingebauten Schichten andererseits zu beurteilen, kann der Bauleiter, je nach Ausführungsbedingungen, zur Überprüfung der Tragfähigkeit eine vollständige CBR-Untersuchung SN 670 320b unter Änderung der Verdichtungsenergie und des Wassergehalts nach DIN 18127 durchführen lassen.

Für evolutiv entstandenen Gesteinen müssen außerdem bestimmt werden:

- die einfache Druckfestigkeit an kubischen Prüfkörpern (UNI EN 1926)
- die Rohdichte (UNI EN 1936);
- der Gewichtsverlust beim Los Angeles-Versuch (UNI EN 1097-2 / CNR 34).

Wenn aufgrund der Korngrößenzusammensetzung des Bodens keine Verdichtungs- oder CBR-Prüfungen im Labor durchführbar sind, kann die Eignungsprüfung zu einem späteren Zeitpunkt durch Messung des Verformungsmoduls E_{v2} und des Verhältnisses E_{v2}/E_{v1} nach DIN 18134 oder M_{E1} und des Verhältnisses

M_{E2}/M_{E1} nach SN 670 317b, anhand von Feldmessungen im in der Folge angesprochenen Versuchsgelände, durchgeführt werden.

Aufgrund der Ergebnisse aus den oben angeführten Untersuchungen hat der Auftragnehmer dem Bauleiter folgende Unterlagen zur Genehmigung zu übermitteln:

- Ausführliches Programm der Felduntersuchungen im Versuchsgelände;
- Ausführliches Programm für die Erdbewegungen.

2) Versuchsgelände für die Eignungsprüfung von Lockergesteinen

Abgesehen von Arbeiten, bei denen der Umfang der Erdbewegungen vernachlässigbar ist (weniger als 30.000 m³), hat der Auftragnehmer eine angemessene Reihe von Feldprüfungen durchzuführen und dem Bauleiter das hierzu erforderliche Personal und Geräte an einem geeigneten Standort zur Verfügung zu stellen, um aufgrund der Ergebnisse der Vorprüfungen im Labor und bei Einsatz der tatsächlich verfügbaren Maschinen die Dicke der eingebauten Schichten und die Anzahl der Walzgänge zu bestimmen, mit denen die Einhaltung der vorgeschriebenen Anforderungen (Verdichtungsgrad und/oder Tragfähigkeit) gewährleistet werden kann.

Die Felduntersuchungen müssen jedes homogene Vorkommen von Böden/Materialien betreffen, die zum Bau des Straßenkörpers verwendet werden.

Auf Großbaustellen und immer dann, wenn zur Überwachung während der Arbeiten großflächige Feldprüfungen mit unmittelbar verwertbaren Ergebnissen, etwa zur Messung des dynamischen Verformungsmoduls mit dem Fallgewichtsgerät FWD bzw. LFW (leicht) und Lastwagen mit Achslast 10 t, erforderlich sind, dienen die Voruntersuchungen an Probeaufschüttungen auch dazu, schlüssige Beziehungen zwischen den Prüfergebnissen und der Trockendichte γ_d und/oder dem Verformungsmodul E_{v1} und dem Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nach DIN 18127 festzulegen.

Die Kosten für die Felduntersuchungen sind bei der Kalkulation der Angebotspreise zu berücksichtigen, der Auftragnehmer hat somit kein Anrecht auf eine Zusatzvergütung. Als Standort für die Messungen kann ein Bereich des Straßenkörpers, auch in Korrespondenz mit einem Abschnitt einer Aufschüttung, gewählt werden; der Auftragnehmer hat in diesem Fall nach Durchführung der Messungen jene Arbeiten zu beseitigen, die nicht als Bestandteil des endgültigen Bauwerks belassen werden können.

Die Untersuchungen müssen vor Beginn der Aufschüttungen abgeschlossen sein, da sie als Bestätigung und als Bezug für die Arbeitsvorbereitung und die Verfahrensplanung heranzuziehen sind. Bei Anwendung auf unterschiedliche Stoffe, darf jeder Stoff erst dann verwendet werden, wenn die entsprechenden Prüfungen abgeschlossen sind. Die Prüfungen müssen bei Einsatz andersartiger Geräte oder Anwendung neuer Arbeitsverfahren neu durchgeführt werden.

Der Bauleiter wird die Ergebnisse in eigenen Niederschriften festhalten und auf dessen Grundlage endgültig über die Zulassung der vorgeschlagenen Geräte und Einbauverfahren entscheiden.

3) Vorkommen außerhalb der Baustelle

Für die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Vorkommen, werden die Bereiche aus denen das Schüttgut gewonnen werden muß, dem Auftragnehmer bei der Übergabe der Arbeiten oder bei einer eigenen Teilübergabe zur Verfügung gestellt, wenn diese Möglichkeit im Vertrag vorgesehen ist.

Wird das Fremdorkommen vom Auftragnehmer abweichend von den Vertragsunterlagen vorgeschlagen oder unter seiner Verantwortung gewählt, oder falls nach Vertrag die Auswahl dem Unternehmer überlassen ist, hat der Bauleiter die Verwendung des Schüttguts zu genehmigen. Der Auftragnehmer hat ein mit Laboranalysen zur Beurteilung der Eignung der Böden belegtes Gesuch einzureichen.

4) Deponien und Lagerhalden

Der ausgehobene Boden, der nicht für den Bau von Dämmen, für Auffüllungen und für Anschüttungen verwendet wird, muß als Abfall in den vertraglich festgelegten Deponien entsorgt werden oder in, zusätzlich oder abweichend vom Auftragnehmer im Einklang mit den geltenden Vorschriften vorgeschlagene und vom Bauleiter genehmigte Lagerstätten befördert werden.

Unter keinen Umständen dürfen durch die Bodenablagerung sowohl kurz- als auch langfristig der Zustand bestehender Bauwerke und angrenzender Liegenschaften beeinträchtigt, die Standfestigkeit des Geländes gestört und der Abfluß der Oberflächenwässer behindert werden.

Sind Bodenmassen in eine Deponie, in Zwischenlager, in vertraglich nicht vorgesehene oder nicht ausführlich beschriebene Standorte zu überführen, hat der Auftragnehmer folgende Unterlagen beizubringen:

- Nachweis der Standfestigkeit und der Umweltverträglichkeit der Lagerstätten, insbesondere mit Bezug auf die hydrologischen Verhältnisse an der Oberfläche und im Untergrund, und den Einwirkungen auf das Landschaftsbild;
- die Genehmigungen der zuständigen Behörden aufgrund der geltenden Normen und Vorschriften sowie die Genehmigungen der Eigentümer zur Grundstücksnutzung.

Grundsätzlich sind geeignete, aus dem Aushub gewonnene Böden unverzüglich und ohne Zwischenlagerung wieder zu verwenden.

Wenn eine Zwischenlagerung des Schüttguts für die nachträglichen Hinterfüllungen oder Aufschüttungen erfolgen muß, darf der Boden in Halden innerhalb oder außerhalb des Baubereichs gelagert werden, sofern daraus keinerlei Schäden, Störungen oder Behinderungen, auch für Dritte, zu erwarten sind.

Die Lagerhalden für den für die Gestaltung des Geländes und der Böschungen gelagerten Oberbodens sind besonders sorgfältig auszubilden und vor Wasseransammlungen zu schützen, um die Oxidation des Bodens selbst zu verhindern. Die üblicherweise mit einer Böschungsneigung von 3/2 profilierten Erdhaufen dürfen nicht höher als 3,00 m sein, insbesondere wenn die Lagerung mehr als 6 Monate dauert.

Bei der Ausbildung der Lagerhalden für den Oberboden hat der Auftragnehmer folgende Auflagen zu beachten:

- durch geeignete Verfahren und Geräte sind die Verdichtung des Bodens und Setzungen zu vermeiden;
- die Zwischenlager sind durch Mähen oder mit Bekämpfungsmitteln von Unkraut zu schützen, sofern der Bauleiter keine Einwände wegen der Gefahr von Umweltschäden erhebt.

Der Auftragnehmer muß für die vorübergehenden und die endgültigen Lagerstätten, bei Bedarf als Änderung oder Ergänzung der Projektunterlagen, den Standfestigkeits- und den Umweltverträglichkeitsnachweis für die Lagerhalden erbringen, analog wie für die Abbaustätten außerhalb der Baustelle.

5) Ausführliches Arbeitsprogramm

Im Rahmen der Vertragsvorgaben hat der Auftragnehmer ein ausführliches Arbeitsprogramm für die Erdarbeiten mit allen Nebenleistungen auszuarbeiten; folgende Angaben müssen enthalten sein:

- Herkunft aller zur Ausbildung der Bestandteile des Straßenkörpers verwendeten Böden, mit einer Massenbilanz, aus welcher die voraussichtliche Bodenumlagerung durch Abtrag und Auftrag mit Verdichtung hervorgeht;
- die für die vorgesehenen Arbeiten eingesetzten Mittel (Geräte, Arbeitskräfte, Führungskräfte und Ausstattung des Baustellenlabors, usw.), Dauer und Zeitpunkt der Einsätze;
- die mit Baustellenversuchen belegten Einbauverfahren für jede Bodenart, mit Bezug auf:
 - zulässige Schichtdicke in Abhängigkeit von den eingesetzten Verdichtungsgeräten;
 - Eignung der Baumaschinen, insbesondere der Verdichtungsgeräte, um die Sollleistungen zu erzielen;
 - Anzahl der Durchgänge und mittlere Fahrgeschwindigkeit der Verdichtungsgeräte.
- der zu erwartende natürliche Wassergehalt der verwendeten Böden zum Zeitpunkt des Einbaus; in Abhängigkeit davon sind im Arbeitsprogramm genaue Angaben zu Wasserbeigabe oder Wasserentzug, Verbesserung und/oder Stabilisierung zu machen;
- die bei den Vorarbeiten und den parallel zum Einbau durchgeführten Arbeiten angewendeten Verfahren: Wasserbeigabe oder -entzug, Zertrümmerung, Vermischung, Verbesserung, Stabilisierung, Verteilung;
- Planung und Vorbereitung der Hilfsbauwerke: Baustraßen, Anschlüsse an das öffentliche Verkehrsnetz, behelfsmäßige Lagerflächen;
- Varianten oder Änderungen zu den Entwurfsunterlagen, zum Einrichten, Betreiben und Wiederherstellen des Geländes für Abbaustätten, Lagerflächen, sowie Hilfsbauwerke zur Sicherung, Entwässerung und Schutz vor Wasserandrang der Gräben;
- die Vorgangsweise zur Wiederherstellung des ursprünglichen Geländes, durch Andecken mit Erde und Begrünung als Schutz der Oberflächen gegen Erosion.

Jeder sich im Verlauf der Arbeiten als zweckmäßig erweisende Vorschlag zur Anpassung des ausführlichen Arbeitsprogramms ist dem Bauleiter zu belegen und vorzuschlagen und von diesem unverzüglich zu prüfen.

C) AUSFÜHRUNG DER ARBEITEN

C.1 – AUSHUB- UND ABBRUCHARBEITEN

1) Allgemeine Vorschriften

In vorliegendem Absatz werden die Arbeiten für die Abräumung der Grundfläche des Straßenkörpers, den Abtrag des Oberbodens, die Ein- oder Anschnitte im Gelände, den Aushub nach Profil, mit oder ohne Wasserandrang, den Abbruch von Mauern und das Lösen von Felsgestein betrachtet.

Der für den Bau des Straßenkörpers erforderlichen Bodenabtrag (einschließlich der für die Ausbildung der Auflagerflächen für die Straßendämme, die Befestigung und den Straßenunterbau im Einschnitt nötigen Eingriffe), sowie die Gräben nach Profil für Rinnen, Mulden, Überquerungen, Rampen und ähnlichen Bauwerken, sind profil- und maßgerecht nach Vorgabe des Entwurfs und der schriftlichen Anweisungen des Bauleiters auszuführen.

Der Auftragnehmer hat bei der Profilierung der Gräben, der Böschungen und der Grabensohlen sowie bei der Ausbildung der Fahrbahnränder mit der erforderlichen Sorgfalt vorzugehen.

Der Auftragnehmer hat die Grabensohle genau auf der vorgeschriebenen Kote und die Grabenwände mit regelmäßigen Neigungen zu profilieren; bei der Ausführung der Arbeiten dürfen keine Nachbrüche oder Rutschungen auftreten; der Auftragnehmer haftet bis zur Abnahme für den Zustand der Bauwerke und hat für die notwendigen Nacharbeiten an den Böschungen und für die Reinigung der Gräben und Rinnen zu sorgen.

Vor der Ausbildung der Einschnitte und der Aufschüttungen hat der Auftragnehmer unverzüglich dafür zu sorgen, daß behelfsmäßige Abflüsse, Entwässerungskanäle und sonstige Einrichtungen errichtet werden, um den ungehinderten Abfluß der anfallenden Gewässer und die fachgerechte Wasserhaltung in den Gräben zu gewährleisten; er übernimmt auch den Aufwand für die vorschriftgemäße Wasseraufbereitung nach geltenden Bestimmungen.

Wenn aufgrund der Bodenbeschaffenheit oder aus anderen Gründen die Grabenwände verbaut oder gesichert werden müssen, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten alle nötigen Maßnahmen zu treffen, damit keine Rutschungen oder Bodenbewegungen erfolgen können; der Auftragnehmer haftet vollumfänglich für Schäden an Personen, Gütern, oder Bauwerken, welche in diesem Zusammenhang durch Unfähigkeit oder Nachlässigkeit entstehen.

Sollten die Grabenwände einbrechen, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten für die Beseitigung des Bodens vom Graben und die Wiederherstellung des Grabenprofils zu sorgen. Er hat kein Anrecht auf Vergütung für die möglicherweise verloren gegangenen für den Grabenverbau verwendeten Einrichtungen.

Wenn es nach Ansicht des Bauleiters die geotechnischen und statischen Bedingungen erfordern, hat der Auftragnehmer den Aushub und die Bauarbeiten in Abschnitten auszuführen.

Fallen die Gräben größer als erforderlich oder vorgeschrieben aus, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten mit einwandfreien Materialien und geeigneten Verfahren den geforderten Sollzustand herzustellen.

2) Säuberung des Geländes von Bewuchs

Als Vorbereitung für die Erdbewegungen hat der Auftragnehmer vorhandene Bäume und Sträucher zu schlagen und das Wurzelwerk zu roden.

Sofern keine anderslautenden Vereinbarungen getroffen werden, wird das abgeräumte Material Eigentum des Auftragnehmers und ist zu beseitigen; das Material muß in zugelassenen Verbrennungsanlagen oder Deponien vorschriftsmäßig entsorgt werden.

3) Abtrag des Oberbodens

Zu Beginn der Aushubarbeiten hat der Auftragnehmer den Oberboden nach Zeichnung oder in der, vom Bauleiter schriftlich vorgeschriebenen Dicke auf der Grundfläche des Straßenkörpers abzutragen. Entlang der Einschnitte oder Gräben ist der Oberboden vollständig abzutragen, damit der nachträglich ausgehobene und für die Aufschüttungen verwendete Boden nicht verunreinigt wird. Gleichfalls hat der Auftragnehmer darauf zu achten, daß der für die Begrünung des Geländes zu verwendende Oberboden nicht mit Gesteinskörnungen vermischt wird, indem die Aufschüttungen besonders bei abgestuften Auflagerflächen, wie in der Folge näher beschrieben, schichtweise in zeitlich verschobenen Arbeitsgängen eingebaut werden.

Der Auftragnehmer haftet für mangelnde Sorgfalt bei der Ausführung der besagten Arbeiten, wenn die Eigenschaften der zugelassenen Stoffe beeinträchtigt werden; er veranlaßt bei Bedarf auf eigene Kosten die Beseitigung des verunreinigten und die Anlieferung des einwandfreien Bodens in ausreichender Menge.

Der nicht umgehend verwendete Oberboden ist in ein geeignetes Zwischenlager zu befördern und dort bis zur Wiederverwendung für den Auftrag, die Geländegestaltung und die Ausbildung der Grünflächen (Mittelstreifen, Bankette, Trennstreifen, Begrünung von Gruben und Deponien, usw.), zu verwahren.

Die Böden mit einem für die gestellten Anforderungen übermäßigen Gehalt an organischen Stoffen oder Verunreinigungen, sind unverzüglich als Abfall zu entsorgen, damit keinesfalls die für die Aufschüttungen verwendete Gesteinskörnungen verunreinigt werden können.

Der Oberboden muß abschnittsweise unmittelbar vor Beginn der Folgearbeiten gelöst und abgetragen werden, damit die freigelegten, tiefer liegenden Bodenschichten vor dem Niederschlagwasser geschützt bleiben; dies gilt sowohl für Aufschüttungen (Aufweichung und Minderung der Bodentragfähigkeit) als auch für Einschnitte oder Gräben.

4) Bodenaushub für Ein- oder Anschnitte sowie Baugruben

Unter Bodenaushub für Ein- oder Anschnitte sowie Baugruben versteht man:

Ein- und Anschnitte für Verkehrsflächen und dazu gehörende Bauwerke, profilgerecht nach Zeichnung oder gemäß im Verlauf der Arbeiten vom Bauleiter erteilten Anweisungen;

Bodenabtrag zur Ausbildung der Auflagerfläche für den Oberbau und, bei Bedarf in Einschnitten, Säuberung und Nachprofilierung des Planums.

Verbesserung oder Stabilisierung der Auflagerfläche der Aufschüttungen, mit Ausbildung der Abtreppungen gemäß Zeichnung beziehungsweise grundsätzlich bei Geländeneigungen größer als 15%;

Profilgerechter Aushub von Baugruben bis zu der Gründungssohle für Bauwerke, Fundamentplatten, Packlagen und Sauberkeitsschichten;

Bodenabtrag für die Ausbildung von Rampen im Einschnitt und Rinnen;

Verbreiterung der Gräben, auch für die Auflager von Stützbauwerken, und Einschnitte in die Böschungen vorhandener Aufschüttungen zur Einverleibung von Nebenbauwerken des Straßenkörpers;

Ausbildung der Auflagerflächen von Kunstbauten (Brückenwiderlager, Schwellen, Stützmauern, usw.), im Bereich oberhalb der tiefsten Stelle des natürlichen Geländes oder der bereits ausgehobenen und zumindest zu einer Seite hin offenen Baugrube. Als natürliches Gelände gilt auch das Bett von Bächen und Flüssen.

Als Baugruben gelten außerdem die über Rampen für Baumaschinen und voll beladene Fördermittel leicht erreichbare und befahrbare breite Gräben.

Bei wasserempfindlichen Böden und in Bereichen wo der Boden in annähernd waagrechten Schichten abgetragen wird, müssen die Arbeitsflächen entlang der gesamten Breite mit einer angemessenen Neigung nach außen profiliert werden (allgemein nicht weniger als 6%). Dies gilt solange, bis das fertige Planum des Aushubs (Auslagerfläche für den Oberbau oder für die Sauberkeitsschichten) erreicht wird.

Das Planum ist profilgerecht und ohne Mulden mit den Neigungen gemäß Zeichnung herzustellen. Allgemein darf die Neigung nicht geringer als 4% sein, damit das Oberflächenwasser einwandfrei abfließen kann.

Das anstehende Planum ist nach Schichtende oder bei einsetzenden Niederschlägen zu verdichten.

5) Gräben nach Profil

Unter Gräben nach Profil versteht man das profilgerechte Ausheben von Boden mit üblicherweise steilen Grabenwänden für Bauwerke und Schächte, unterhalb der tiefsten Stelle der Baugrubensohle entlang dessen Umfang. Die Bezugstiefe ist in den Entwurfsunterlagen oder durch eine begründete Anweisung des Bauleiters für den gesamten Bereich oder für mehrere Teilbereiche, je nach Geländebeschaffenheit und veränderlicher Tiefe der Baugrubensohle, festzulegen.

Unabhängig von der Nutzung müssen die Gräben, mit begründeter schriftlicher Anweisung des Bauleiters, tiefer als vorgesehen ausgehoben werden, bis man einen Boden mit geeigneter Tragfähigkeit antrifft. Aus der Vergrößerung der Aushubtiefe kann der Auftragnehmer keinen Anspruch auf Zusatzvergütung erheben; der Aushub wird nach Aufmaß aufgrund des tatsächlich ausgehobenen Bodens und mit den nach Aushubtiefe gestaffelten vereinbarten Einheitspreisen vergütet.

Die Grabensohle muß eben oder mit Abtreppungen nach Zeichnung oder gemäß Anweisung des Bauleiters profiliert werden.

Durch geeignete Vorkehrungen hat der Auftragnehmer Wasseransammlungen auf der Grundfläche der Bauwerke oder Andrang von Oberflächenwasser in die Gräben zu vermeiden.

Wie bereits erwähnt, sind die Grabenwände üblicherweise steil abgebösch; der Auftragnehmer hat demnach die Grabenwände bei Bedarf zu sichern und zu verbauen und haftet für Schäden an Personen und Gütern, welche durch Rutschungen oder Bodenbewegungen im Grabenbereich entstehen sollten.

Sofern keine hinderlichen Umstände vorhanden sind, können die Grabenwände auch mit einer geringeren Neigung als in den Entwurfsunterlagen vorgesehen abgeböschert werden; der Mehraushub und die zusätzliche Hinterfüllung wird aber nicht vergütet.

Der Auftragnehmer hat die Bauwerke bis zur vorgeschriebenen Kote mit geeignetem Boden zu hinterfüllen; der eingebaute Boden ist mit geeigneten Geräten zu verdichten, ohne daß die bereits fertiggestellten Bauwerke beschädigt werden.

Grundsätzlich gilt, daß bei der Durchführung aller Aushubarbeiten der Auftragnehmer aus eigener Initiative und auf eigene Kosten für die Ableitung des anfallenden Tagwassers zu sorgen hat und zu vermeiden hat, daß die offenen Gräben überschwemmt werden.

Der Auftragnehmer hat sämtliche Hindernisse, an denen das Tagwasser aufgestaut werden könnte, zu beseitigen und bei Bedarf Entwässerungsrinnen anzulegen.

6) Abbrucharbeiten

Die innerhalb der Grundfläche des Straßenkörpers befindlichen Mauerwerke und Bauwerke müssen vom Auftragnehmer mit den zweckmäßigsten Mitteln abgebrochen werden, auch mit Einsatz von Sprengmitteln im Rahmen der geltenden Bestimmungen. In Einschnitten sind die Bauwerke bis zu einer Tiefe von 1 m unter der Fahrbahnbefestigung und bei Aufschüttungen bis zur Oberkante des vorhandenen Geländes abzubrechen. Der Auftragnehmer hat den Beginn der Abbrucharbeiten an Gebäuden dem Bauleiter mit einer angemessenen Frist anzukündigen.

Der Abbruch wird nur dann als Abfall beseitigt, wenn dies aus den Entwurfsunterlagen hervorgeht oder wenn der Bauleiter seiner Verwendung nicht zustimmt. Sollten die Stoffe für die Wiederverwendung geeignet sein, können sie in die Verarbeitungsanlagen geliefert werden.

Der zur Wiederverwendung bestimmte Aushub muß unverzüglich zum Verwendungsort oder in Lagerflächen geliefert werden; in diesen muß das Schüttgut geschützt, bei Bedarf durch Beigabe von Fremdstoffen je nach Verwendungszweck verbessert, anschließend wieder aufgenommen und an den Einbauort befördert werden.

7) Abtrag von Fels

Für den Abtrag von Fels jeglicher Beschaffenheit, Festigkeit, Klüftung und Lagerung, und den Abbruch von Bauteilen kann der Auftragnehmer die ihm am zweckmäßigsten erscheinenden Verfahren anwenden, auch mit Einsatz von Sprengmitteln. In diesem Fall ist das Gefüge des Gesteins an den Grabenwänden möglichst zu schonen und ungestört zu belassen; sollten beim Lösen das Gestein zertrümmert, umgelagert oder sonst wie geschwächt werden, hat der Auftragnehmer, nach Absprache mit dem Bauleiter, auf eigene Kosten für die Säuberung oder Sicherung der Grabenwände zu sorgen.

Beim Einsatz von Sprengmitteln in der Nähe von Straßen, Eisenbahnlinien, bewohnten Gebieten und öffentlichen Anlagen jeglicher Art hat der Auftragnehmer mit besonderer Sorgfalt vorzugehen, damit Schäden an den angrenzenden Liegenschaften durch abbrechende Felstrümmer oder Erschütterungen, dessen Auswirkung mit geeigneten Kontrollsystemen zu überwachen sind, vermieden werden können.

8) Wiederverwendung des Aushubs

Der Auftragnehmer hat mit dem wiederzuverwendenden Aushub unter Berücksichtigung der vereinbarten und vom Bauleiter gemäß Arbeitsprogramm genehmigten Verwendung umzugehen.

Der Auftragnehmer hat den Boden mit geeigneten Mitteln und mit Arbeitskräften in ausreichender Anzahl in genau abgestimmten Arbeitsgängen zu lösen, zu fördern und einzubauen. Er kann nach eigenem Ermessen die Maschinen und Anlagen wählen, sofern ihr Einsatz für die einwandfreie Abwicklung der Arbeiten zweckmäßig ist.

C.2 – AUFSCHÜTTUNGEN

Im vorliegenden Kapitel werden, neben der Aufschüttung von Straßendämmen mit der als Untergrund für die Decke dienenden Tragschicht, auch sonstige Arbeitsgänge betrachtet, die mit der Aufschüttung von Gesteinskörnungen zusammenhängen, wie etwa die Erstellung von Schutzdämmen, die Verfüllung von Gräben und die Verbesserung der Auflagerflächen für Straßendämme und Tragschichten in Einschnitten.

In getrennten Abschnitten werden nacheinander die Arbeitsverfahren für folgende Bauwerke untersucht:

Untergrund oder Unterbau für Aufschüttungen;

Frostschutzschichten;

Aufschüttungen aus natürlichen Gesteinskörnungen;

Verfüllungen;

Erdbauwerke aus natürlichen Gesteinskörnungen;

mit hydraulischen Bindemitteln verbesserten Schichten des Unter- oder des Oberbaus;

Bauwerke aus bewehrter Erde;

Erdbauwerke aus rezyklierten Gesteinskörnungen.

C.2.1 – UNTERGRUND ODER UNTERBAU FÜR STRASSENDÄMME UND AUFSCHÜTTUNGEN

1) Beschaffenheit

Unmittelbar vor dem Einbau der Aufschüttungen hat der Auftragnehmer den Oberboden zu lösen und abzutragen; die Oberfläche des Unterbaus muß möglichst regelmäßig und ohne Mulden profiliert werden, damit anfallendes Regenwasser ungehindert abfließen kann. Beim Abtrag soll der belassene Boden so wenig wie möglich gelockert und gestört werden.

Wenn die Aufschüttungen auf einem um mehr als etwa 15% geneigten Untergrund erstellt werden müssen, ist dessen Oberfläche, nach dem Abtrag des Oberbodens und immer unter Gewährleistung der Hangstabilität, in leicht geneigten Abtreppungen zu gestalten; die genauen Anweisungen müssen im Arbeitsprogramm, auch abweichend von den Entwurfsunterlagen, aufscheinen. Damit die Abtreppungen regelmäßig im Verlauf und in der Höhe ausfallen, müssen sie in gleichbleibenden Abständen parallel zur Straßenachse angelegt werden; sie müssen je nach Maschineneinsatz und Arbeitsbedingungen möglichst schmal gehalten werden.

Hangvorsprünge, entlang denen eine Aufschüttung einzubauen ist, sind ebenfalls in waagrechten Abtreppungen anzuschneiden; der Abtrag beziehungsweise die Aufschüttung und Verdichtung müssen für jede nicht mehr als 50 cm hohe Abtreppung abschnittsweise und fortlaufend fertiggestellt werden.

Die Ausbildung der Geländestufen ist unmittelbar nach dem Abtrag des Oberbodens und vor Einbau des Schüttguts auszuführen, damit der freigelegte Untergrund nicht den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist.

Der Bauleiter hat die fachgerechte Vorbereitung des Untergrunds oder des Unterbaus festzustellen; im Rahmen der ihm erteilten Zuständigkeiten, kann der Bauleiter verlangen, daß setzungsempfindliche, lehmige oder torfhaltige Böden mit geringer Tragfähigkeit beseitigt werden oder daß, im Zuge der Arbeiten aus Nachlässigkeit oder ungenügender Organisation des Auftragnehmers gelockerte Bodenschichten, abgetragen werden.

2) Setzungsempfindliche Böden

Sind in den Auflageflächen der Dämme Setzungen von mehr als 15 cm zu erwarten, hat der Auftragnehmer ein ausführliches Kontrollprogramm zur Überwachung des zeitlichen Verlaufs der Setzungen im ausführlichen Arbeitsprogramm vorzuschlagen. Der Auftragnehmer hat für die Bereitstellung der erforderlichen Einrichtungen (mechanische Setzungspegel) und für die Messungen selbst nach Anweisung des Bauleiters zu sorgen.

Nach Fertigstellung der Aufschüttungen darf die noch zu erwartende Restsetzung nicht größer als 10% der geschätzten Gesamtsetzung und keinesfalls größer als 5 cm sein.

Nach Abklingen der Setzungen hat der Auftragnehmer durch Einbau der geeigneten Gesteinskörnungen das Planum und die Böschungen genau nach Zeichnung und Auftragprofil herzustellen, ohne dafür eine zusätzliche Vergütung zu verlangen.

3) Tragfähigkeit

Sofern in den Projektunterlagen keine anderslautenden, auf Anforderungen der Standfestigkeit der Bodenbauwerke beruhende Vorschriften vorliegen, muß der, nach DIN 18134 auf dem natürlichen oder dem verbesserten Untergrund gemessene Verformungsmodul bei Wiederbelastung E_{v2} , folgende, für die fachgerechte Verdichtung der darüber liegenden Schichten erforderliche Mindestwerte nach Tabelle C.1 annehmen:

Anforderungen an die Tragfähigkeit des Untergrundes bei Aufschüttungen E_{v2} (MN/m ²)	
Position	
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe von zumindest 2,00 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe zwischen 1,00 und 2,00 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe zwischen 0,50 und 1,00 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe unter 0,50 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$

Die mit der Tragfähigkeit zusammen hängenden Eigenschaften der Unterlage für die Aufschüttungen müssen für den ungünstigsten Wassergehalt in Abhängigkeit von den langfristig zu erwartenden klimatischen und hydrogeologischen Bedingungen festgestellt werden; auszuführen ist zumindest eine Prüfung je 5000 m² Gelände, der Bauleiter wird eine größere Anzahl in Abhängigkeit vom Ausmaß des Bauwerks und der Homogenität des Bodens festlegen. Bei Böden mit „unstabiler“ Verhalten (plötzlicher Tragfähigkeitsverlust, quellend, frostempfindlich u. ä.) ist der Verformungsmodul im gesättigten Zustand zu prüfen.

4) Bodenaustausch und Bodenverbesserung

Wenn aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der gegebenen Umstände die erforderliche Tragfähigkeit der Unterlage nicht durch Verdichtung erreicht werden kann, muss im ausführlichen Arbeitsprogramm ein Bodenaustausch mit einer angemessenen Schichtdicke aus zugeliefertem Schüttgut vorgesehen werden. Alternativ kann auch eine angemessene Bodenverbesserung vorgenommen werden.

C.2.2 – FROSTSCHUTZSCHICHTEN

Frostschutzschichten in Verkehrsflächen bestehen aus Gesteinskörnungen mit hoher Wasserdurchlässigkeit, die gegebenenfalls durch Geotextilien vor Verunreinigungen geschützt werden. Der Einsatz von rezyklierten Materialien ist nicht gestattet.

1) Schichten aus natürlichen Gesteinskörnungen

Die üblicherweise zwischen 30 und 50 cm dicken Frostschutzschichten aus natürlichen Gesteinskörnungen müssen aus körnigem Schüttgut (Kies, Feinschotter, Feinkies) der Korngruppe von 8 bis 50 mm, mit einem Durchgang am 2 mm-Sieb kleiner als 15% Gewichtsanteile und am 0,063 mm-Sieb kleiner als 3%, hergestellt werden.

Im Schüttgut dürfen keinerlei instabile Bestandteile (frostempfindlich, weich, löslich, u. ä.) und organische Rückstände enthalten sein.

Vorbehaltlich sonstiger, strengerer Untersuchungen, ist grundsätzlich die Korngrößenverteilung in Frostschutzschichten an 1 Probenentnahme je 100 m³ eingebautes Schüttgut zu überwachen.

2) Geotextilien

Zur Verbesserung der Wirkung von Frostschutzschichten kann auf der Unterlage für die Aufschüttung eine Bahn aus Geotextilien eingebaut werden.

Geotextilien bestehen, sofern keine anderslautenden Vorschriften gelten, aus möglichst isotropen Vliesstoffen, dessen mechanisch durch Vernadelung zusammengelegten Fasern aus reinem, hochwertigem Polypropylen oder Polyester bestehen; die Zugabe von Bindemitteln oder chemischen Zusätzen, thermische Verfahren durch Erweichen oder mit beheizten Walzen sind nur zur Oberflächenvergütung, nicht aber zur Verfestigung zugelassen. Bei den Geotextilien werden die Fasern der Art nach in Endlosfasern, mit theoretisch unendlich langen Fasern, und in Stapelfasern mit einer Länge von 20 bis 100 mm unterschieden. Geotextilien müssen eine raue Oberfläche aufweisen, sowie unverrottbar, ungiftig und gegen UV-Strahlen (wenn sie mehr als 12 h lang dem Sonnenlicht ausgesetzt werden müssen), Säuren, im Boden vorkommende chemische Belastungen, Verhärtung und mikrobiologischen Befall widerstandsfähig sein; sie müssen ferner umweltverträglich und ohne bevorzugte Faserrichtung hergestellt sein.

Der Vliesstoff muß, bezogen auf den Verwendungszweck, in möglichst breiten Rollen angeliefert werden. Der Stoff mit dem, in den Entwurfsunterlagen angegebenen Gewicht, muss den Anforderungen nach Tabelle C.2 entsprechen:

Tabelle C.2			
<i>Kenngößen</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwert</i>
Gewicht	UNI EN ISO 9864	g/m ²	300
Dicke (einzelne Schicht) bei 2 kPa	UNI EN ISO 9863-1	mm	1,7
Zugfestigkeit längs	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Zugfestigkeit quer am 200 mm breiten Streifen	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Witterungsbeständigkeit (Abnahme der Bruchlast auf Zug)	UNI EN 12224	%	<50
Oxydationsbeständigkeit (Abnahme der Bruchlast auf Zug)	UNI EN 13438	%	<20
Bruchdehnung, in %	UNI EN ISO 10319	%	>80
Durchdrückwiderstand (Kegelfallversuch)	UNI EN 918	mm	<26
Durchdrückwiderstand (Stempeldurchdrückversuch), in N	UNI EN ISO 12236	N	>3000
Wasserableitvermögen in der Ebene (ohne Belastung)	UNI EN ISO 12958	l/s/m ²	>175
Wasserableitvermögen in der Ebene (Belastung 20 kPa)	UNI EN ISO 12958	l/m h	>31
Charakteristische Öffnungsweite der Poren O_{w90}	UNI EN ISO 12956	mm	0,10
Mikrobiologische Beständigkeit	UNI EN 12225		

Die Probekörper sind nach EN 963 für jede homogene Lieferung zu entnehmen. Der Auftragnehmer hat die Entnahme der Probekörper unter der Aufsicht des Bauleiters zu besorgen. Die Prüfungen müssen an auf der Baustelle vor der Verwendung gelagerten Stoffen und an im Zuge der Arbeiten entnommenen Probekörpern durch eine von der Landesverwaltung der Provinz Bozen-Südtirol genehmigte Prüfanstalt durchgeführt werden.

Falls auch nur einer der besagten Anforderungen nicht eingehalten wird, gilt die gesamte Lieferung als nicht angenommen; der Auftragnehmer hat sie unverzüglich von der Baustelle zu beseitigen.

Die Einbaufäche für den Vliesstoff muß absatzfrei und regelmäßig profiliert werden; die Vliesbahnen müssen an den Rändern sowohl längs als quer um mindestens 30 cm überlappt werden.

Die Vliesstoffe dürfen vor der vollständigen Andeckung mit einer 30 cm dicken Lage des Schüttguts nicht mit Baumaschinen befahren werden.

C.2.3 – AUFSCHÜTTUNGEN AUS NATÜRLICHEN GESTEINSKÖRNUNGEN

1) Einbau

Die Gesteinkörnung muß in Lagen mit gleichförmiger Dicke eingebaut werden; durch geeignete Verfahren und Geräte muß vermieden werden, daß eine Entmischung des Schüttguts oder Unstetigkeiten bei der Korngrößenverteilung und beim Wassergehalt auftreten können.

Um der durch Kippen des Schüttguts von den Fördermitteln entstehenden Entmischung zu begegnen, ist die Gesteinkörnung unmittelbar neben dem Verwendungsort zu kippen und durch Planiergeräte einzubauen.

Die Korngrößenverteilung der verschiedenen Schichten der Aufschüttung muß möglichst gleichförmig sein. Insbesondere muß vermieden werden, daß grobe, wenig abgestufte Gesteinskörnungen mit hohem Hohlraumgehalt, angrenzend an feinkörniges Schüttgut eingebaut werden, da durch die von den Fahrzeugen erzeugten Erschütterungen das Feinkorn der einen Schicht in die Hohlräume der anderen abwandern kann und Setzungen in der Aufschüttung hervorgerufen werden.

Während den Arbeiten muß der ungehinderte Abfluß des Tagwassers von den Aufschüttungen gewährleistet werden, indem die Oberflächen mit einer Neigung von zumindest 4% profiliert werden.

Im Bereich von Stützbauwerken aus bewehrter Erde oder sonstigen ist das Tagwasser grundsätzlich von den Bauwerken wegzuleiten.

Die einzelnen Schichten dürfen über die darunter liegenden erst nach Überprüfung der fachgerechten Ausführung eingebaut werden, widrigenfalls kann der Abtrag verfügt werden.

Die Schichtdicke jeder einzelnen Lage wird festgelegt aufgrund der Materialeigenschaften, der verwendeten Maschinen und den Kompaktierungsverfahren der Aufschüttung, welche an Probenfeldern gemäß den Ausführungen in Punkt 2 (Verdichtung), getestet wurden.

Grundsätzlich soll die Schichtdicke nicht geringer als der doppelte Durchmesser des Größtkorns ($s \geq 2D_{\max}$) sein.

Auf keinen Fall darf das Schüttgut Bestandteile mit einem Durchmesser größer als 150 mm, oder 100 mm bis zu einer Tiefe von 1 m enthalten; übergroße Bestandteile sind an der Abbaustelle auszusondern oder zu zerkleinern, bevor sie auf die Fördermittel geladen werden.

2) Verdichtung

Im Rahmen der Projektvorgaben und der im Zuge der Arbeiten vom Bauleiter erteilten Anweisungen für die bestmögliche Nutzung der vorhandenen Gegebenheiten, hat der Auftragnehmer angemessene und für die Beschaffenheit der Gesteinkörnung geeignete Verdichtungsgeräte einzusetzen, mit welchen unter allen Umständen der Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit der fertigen Aufschüttungen den gestellten Anforderungen entsprechen.

Die Eignung der Verdichtungsgeräte muß im Versuchsgelände für jede voraussichtlich verwendete Gesteinkörnung überprüft werden. Ihre Leistungsfähigkeit muß mit jener der bei den sonstigen Arbeitsgängen, wie Abtrag, Förderung und Einbau, eingesetzten Mitteln abgestimmt werden und so gewählt werden, das der im ausführlichen Arbeitsprogramm enthaltene Zeitplan eingehalten werden kann.

Wenn in Anbetracht des Gehalts und der Plastizität der Feinanteile der Wassergehalt des Schüttguts den optimalen Wert um 15-20% überschreitet, hat der Auftragnehmer geeignete Maßnahmen zu deren Senkung durch Förderung der Austrocknung zu treffen, damit die mechanische Stabilität des Gefüges und die Tragfähigkeit des fast gesättigten (Sättigungsgrad größer als 85-90% je nach Gehalt und Plastizität der Feinanteile) und mit hoher Energie verdichteten Schüttguts, nicht zusammenbrechen können. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen ist von einer Verwendung und vom Einbau solcher Böden unverzüglich abzusehen.

Die Art der Verdichtungsgeräte, deren Einstellwerte (Fahrgeschwindigkeit, Betriebsgewicht, Reifendruck, Rüttelfrequenz u. ä.), die Schichtdicken und die Anzahl der Walzgänge müssen den bei den Feldversuchen festgelegten Bedingungen entsprechen. Der Auftragnehmer haftet jedenfalls für die Zweckmäßigkeit des Arbeitsverfahrens und für die Einhaltung der gestellten Anforderungen.

Falls der Wassergehalt nicht verändert werden muß, ist die Schicht unverzüglich nach dem Einbau des Schüttguts zu verdichten.

Das gewählte Verfahren muß eine gleichmäßige Verdichtung innerhalb der Schicht gewährleisten.

Damit das Erdbauwerk überall, auch entlang der Ränder, gleichmäßig verdichtet wird, sind die Böschungen nach Abschluß der Arbeiten durch Abtrag des das Dammprofil überstehenden Schüttguts nachzuprofilieren. Der Straßendamm ist beidseitig mit einer Mehrbreite von 0,50 m aufzuschütten und zu verdichten; der Bodenabtrag für die Nachprofilierung der Böschungen wird nicht vergütet.

Sofern keine anderslautenden Vorschriften vorliegen, müssen die Anforderungen nach Kapitel E.5 "Überwachung" eingehalten werden; der Umstand ist durch Dichte- und Tragfähigkeitsprüfungen zu belegen. Bei der Erstellung von Straßendämmen müssen eigene Arbeitsgruppen eingesetzt werden, welche laufend die durch den Baustellenverkehr und die Witterungseinflüsse hervorgerufenen Schäden zu beheben haben.

3) Schutz und Stabilisierung

Die Böschungen müssen gezielt durch den auf den Arbeitsfortschritt abgestimmten Einbau einer etwa 30 cm dicken Oberbodenschicht gesichert werden; die Schutzschicht ist in waagrechten Streifen laufend einzubauen und nach Bedarf zu verdichten. Zur Stabilisierung wird die Geländeoberfläche abgestuft, sofern die Deckschicht nicht gleichzeitig mit dem Dammbauwerk eingebaut wird. Die Erde für die Deckschicht, die Bewuchsarten und der Zeitpunkt der Bepflanzung und der Aussaat müssen in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und den örtlichen Verhältnissen so gewählt und aufeinander abgestimmt werden, daß die Begrünung mit Gras und Sträuchern nach Vorgabe des Projekts rasch und ungestört stattfinden kann.

Die Aussaat ist solange zu wiederholen, bis sich eine dichte und gleichmäßige Grasdecke ausgebildet hat. Werden Erosionserscheinungen festgestellt, hat der Unternehmer auf eigene Kosten die Instandsetzung der Erdbauwerke durchzuführen.

Müssen die Arbeiten an den Aufschüttungen während eines Zeitraums von einigen Tagen unterbrochen werden, hat der Unternehmer die Aufschüttung vom anfallenden Tagwasser zu schützen. Die fachgerecht profilierten und verdichteten Oberflächen müssen geschlossen sein und ein durchgehendes Gefälle von zumindest 6% aufweisen.

Sollten in den Aufschüttungen ungleichmäßige, auf Ausführungsmängel zurückzuführende Setzungen auftreten, hat der Unternehmer auf eigene Kosten die Oberfläche nachzuprofilieren und bei Bedarf den Oberbau zu erneuern.

Nach längeren Arbeitsunterbrechungen, ist der bereits fertiggestellte Bereich der Aufschüttung von Unkraut und Bewuchs zu säubern; die Oberfläche ist zur besseren Verbindung mit den darüber liegenden Schichten vor dessen Einbau durch Anlegen von Furchen aufzurauen; in solchen Fällen ist es angebracht die Verdichtung und die Tragfähigkeit des Bodens nachzuprüfen.

C.2.4 – ERDBAUWERKE AUS REZYKLIERTEN GESTEINSKÖRNUNGEN

Für die Errichtung von Erdbauwerken können rezyklierte Materialien verwendet werden, die bei Abbrucharbeiten oder als Rückstände von industriellen Verarbeitungsprozessen unter Beachtung der geltenden nationalen Bestimmungen gewonnenen werden.

Die bei *Bau- oder Abbrucharbeiten gewonnenen* Stoffe bestehen vorwiegend aus Ziegel, Mauerwerk, Bruchstücken aus unbewehrtem oder bewehrtem Beton, Verkleidungen, Keramikerzeugnissen, Rückständen aus der Herstellung von Beton- oder Stahlbetonfertigteilen, bei Straßen- oder Eisenbahnbau anfallendem Aufbruch oder Abbruch, Abbruch von Verputz und Bettungen, Rückständen aus Steinbrüchen oder aus Steinmetzbetrieben.

Die *Rückstände von industriellen Verarbeitungsprozessen* bestehen vorwiegend aus ausschließlich neuen Schlacken oder Hochofenschlacke, welche jedenfalls nicht länger als ein Jahr gelagert wurden. Rezyklierte Stoffe dürfen untereinander oder mit natürlichen Gesteinskörnungen vermischt werden; die durch die Wiederverwendung im Straßenbau erzielten wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile liegen auf der Hand.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Die rezyklierten Gesteinskörnungen können zur Errichtung von Aufschüttungen auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle C.3 erfüllen.

Tabelle C.3		UNGEBUNDENE MISCHUNGEN VON NATURMATERIAL UND/ODER REZYKLIERTEM MISCHGRANULAT					
		Anwendung					
Kenngrößen	Norm	Auffüllung/ Umlagerung		Damm/Auf- schüttung		Tragschicht	
		Anforder- ung	Proben Frequenz	Anforder- ung	Proben Frequenz	Anforder- ung	Proben Frequenz
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/63 mm	20.000 m ³	0/63 mm	5000 m ³	0/31,5 mm	2000 m ³
Überkorn	UNI EN 933-1	OC ₇₅	20.000 m ³	OC ₈₅	5000 m ³	OC ₇₅	2000 m ³
Feinanteilgehalt	UNI EN 933-1	-	-	UF ₁₅	5000 m ³	UF ₁₅	2000 m ³
Korngrößenzusammensetzung	UNI EN 933-1	G _N	20.000 m ³	G _N	5000 m ³	G _U	2000 m ³
Plattigkeitskennzahl von groben Aggregaten	UNI EN 933-3	-	-	FL ₅₀	50.000 m ³	FL ₃₅	2000 m ³
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	-	-	MB ₅	5000 m ³	MB ₅	2000 m ³
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	-	-	SE ₃₅	5000 m ³	SE ₃₅	2000 m ³
Fließgrenze (Atterberg'sche Grenze)	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-	-	WL ≤ 40	5000 m ³	WL ≤ 40	2000 m ³
Plastizitätszahl	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-	-	IP ≤ 10	5000 m ³	IP ≤ 6	2000 m ³
Widerstand gegen Zertrümmerung	CNR 34	-	-	LA ₃₅	50.000 m ³	LA ₃₀	20.000 m ³
Eluatuntersuchung (Löslichkeitstest)	DM5 febbraio 1998 e s.m.i.	konform	5000 m ³	konform	5000 m ³	konform	5000 m ³
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	-	-	SS _{0,2}	5000 m ³	SS _{0,2}	2000 m ³
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	R _{cug50}	20.000 m ³	R _{cug50}	5000 m ³	R _{cug70}	2000 m ³
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	-	-	R _{g5-}	5000 m ³	R _{g5-}	2000 m ³
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	-	-	R _{a30-}	5000 m ³	R _{a10-}	2000 m ³
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₁₀₋	20.000 m ³	FL ₁₀₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Anteil an schwimmendem Inertmaterial: Leca (Blähton), Schaumbeton, usw.	UNI EN 933-11	-	-	FL ₅₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nicht schwimmendes steinigtes Materialien	UNI EN 933-11	X ₁₋	20.000 m ³	X ₁₋	5000 m ³	X ₁₋	2000 m ³
Max. Dichte mittels modifiziertem Proctorversuch	UNI EN 13286-2	-	-	γ	5000 m ³	γ	2000 m ³
Tragfähigkeit CBR an verdichteten Probenkörpern nach 4 Tagen Wasserlagerung mit einer ±2% optimalen Feuchte bei 95% der optimalen modifizierten Proctordichte	UNI EN 13286-47	-	-	≥20	50.000 m ³	≥40	50.000 m ³
Schwellwert bei CBR	UNI EN 13286-47	-	-	≤1%	-	≤1%	50.000 m ³
Abnahme der Festigkeit nach Frost-/Taufversuchen	EN 1367-1	-	-	ΔS _{IA} ≤30	5000 m ³	ΔS _{IA} ≤30	2000 m ³
Anmerkung: Das Symbol √ gibt an, dass die Charakteristiken ermittelt aber keine Anforderung entsprechen müssen Das Symbol – gibt an, dass die Charakteristik weggelassen werden kann							

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Bei Schutzbauwerken gegen hydrogeologische Gefahren müssen vorzugsweise rezyklierte Materialien verwendet werden, welche den geltenden Normen und Gesetzen entsprechen. Rezykliertes Material darf unter keinen Umständen in Kontakt mit dem Grundwasserspiegel, bei Drainagen oder in Aufschüttungskörpern die in geringerer Tiefe als der Frosttiefe liegen Verwendung finden. In diesem Fall ist ausschließlich die Verwendung von natürlichem Gesteinsmaterial erlaubt.

C.2.5. – VERFÜLLUNGEN

Die Verfüllungen von Arbeitsräumen im Bereich von unterirdischen Bauwerken oder von Gräben für erdverlegte Leitungen im Straßenkörper sowie die Anschüttung von Mauern und Stützbauwerken sind mit eigenen Fragestellungen verbunden. Die im Allgemeinen wegen den engen Platzverhältnissen und der Schadensanfälligkeit der betroffenen Bauwerke erschwerte Verdichtung darf keinesfalls als Vorwand für eine unzureichende Tragfähigkeit der Auffüllung gelten.

Das Schüttgut muss für die Verdichtung mit Rüttelgeräten geeignet sein und die Korngrößenverteilung ist auf diese Anforderung besonders abzustimmen.

Bei den Verfüllungen kann auch rezykliertes Material verwendet werden, auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien, sofern es die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle C.3 erfüllt.

Das mit Lastkraftwagen oder ähnlichen Fördermitteln angelieferte Schüttgut oder rezykliertes Material darf nicht direkt in die Gräben oder neben die Bauwerke gekippt werden, sondern ist in dessen Nähe zwischenzulagern, aufzunehmen, schichtweise einzubauen und mit geeigneten Geräten zu verdichten.

Der Unternehmer darf die Anschüttungen oder Hinterfüllungen erst nachdem die Bauwerke die erforderliche Standfestigkeit erreicht haben herstellen. Beim Einsatz schwerer Rüttelgeräte ist ein Sicherheitsabstand von zumindest 1,5m von den Bauwerken einzuhalten. Innerhalb des besagten Bereichs sind leichte Verdichtungsgeräte, wie Rüttelplatten oder handgeführte Walzen einzusetzen; die geforderte Stabilität und Verdichtungsgrad des Bodens müssen durch Herabsetzung der Schichtdicken gewährleistet werden.

Bei der Durchführung in Abschnitten von durch Schächte, Kanäle, Leitungen oder sonstige Bauwerke unterbrochene Verfüllungen und Aufschüttungen, ist die Gleichförmigkeit der Eigenschaften über das ganze Erdbauwerk durch Verwendung gleich bleibender Böden mit gleich bleibenden Schichtdicken zu gewährleisten. Bei der Anschüttung von Bauwerken kann der Bauleiter je nach Bodeneigenschaften auch zusätzlich zu den getroffenen Vereinbarungen die Verbesserung der Aufschüttung mit hydraulischen Bindemitteln bestellen. Das Bindemittel wird auf der Baustelle dem Schüttgut nach Aussonderung der Körnung über 40 mm beigegeben.

Die Bodenverbesserung erfolgt in einem Bereich mit trapezförmigem Querschnitt, mit einer Höhe h , die jener der Aufschüttung entspricht, einer Breite unten von 2,0 und oben von $2,00 \text{ m} + 3/2 h$.

Als Bindemittel müssen Zemente mit sehr hoher Sulfatbeständigkeit SR 0 und langsamer Abbindung verwendet werden; die genaue Dosierung muss mittels Laboruntersuchungen festgestellt werden.

Das in höchstens 30 cm dicken Schichten eingebaute Gemisch ist bis zur Erreichung einer Dichte von 98% der Trockendichte nach Proctor standard (UNI EN 13286-2 oder DIN 18127) zu verdichten.

D) UNTERBAU

Der Unterbau ist der Bereich des Straßenkörpers, wo die Einwirkung der vom Verkehr erzeugten und auf die Straßendecken übertragenen Erschütterungen, noch deutlich erkennbar ist. Der Unterbau stellt somit die Verbindungsschicht zwischen dem anstehenden Boden, sowohl im Einschnitt als auch bündig mit Oberkante Gelände, beziehungsweise zwischen der Aufschüttung und der Straßendecke dar.

1) Aufbau und Baustoffe

Zur Aufstellung des ausführlichen Arbeitsprogramms für die Erdarbeiten muß man sich vergegenwärtigen, daß nicht alle für Aufschüttungen geeignete Gesteinskörnungen auch für die Erstellung der Unterbauschichten verwendet werden können.

- da die Oberfläche ein regelmäßiges Profil aufweisen muß, kommt grundsätzlich die Verwendung von Schüttgut mit Bestandteilen größer als 100 mm nicht in Frage;
- bei der Herstellung ungebundener Schichten müssen nichtbindige, vorwiegend aus Bruch mit geringem Feinkornanteil (Gruppen GW, SW) bestehende Gesteinskörnungen mit einer geeigneten Korngrößenverteilung (abgestufte Sieblinie) verwendet werden, damit die geforderten mechanischen Eigenschaften und die nötige Undurchlässigkeit erreicht werden.

Natürlich oder durch Beigabe geeigneter Korngruppen verbesserte, aus Gruben oder Wasserläufen gewonnene Gesteinkörnungsgemische der Korngruppe 0/100 mm mit abgestufter Sieblinie, welche zur Gruppe GW gehören, eignen sich besonders für die Herstellung von Unterbauschichten.

Abgesehen von technisch oder wirtschaftlich zu rechtfertigenden Lösungen, können ohne Beigabe von Bindemitteln auch Böden mit Gruppenindex IG = 0 verwendet werden, sofern keine Bestandteile $D > 100$ mm enthalten sind und die Tragfähigkeit den unten angegebenen Anforderungen entspricht.

Böden der Gruppen GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP dürfen auch verwendet werden, immer sofern die Grenzwerte für das Größtkorn eingehalten werden, und sofern sie durch Beigabe von Zement, Kalk oder Zement-Kalk verbessert werden.

Können mit Tragfähigkeitsmessungen im Labor (UNI EN 13286-47) zuverlässige CBR - Werte erhalten werden, etwa bei Böden mit Korngröße kleiner als 20 mm, kann die Gesteinskörnung verwendet werden, wenn zumindest folgende Tragfähigkeitskennwerte CBR (in optimaler Proctordichte gesättigt eingebaut) festgestellt werden:

- bei Unterbauschichten aus körnigen Böden, bei trockener Witterung und sofern keine Gefahr besteht, dass die Aufschüttung durch Wasserandrang oder aufsteigender Feuchtigkeit durchnäßt wird:
CBR = 20 (Wassergehalt $w = w_{opt} \pm 2\%$; ohne Wasserlagerung);
- bei Unterbauschichten aus körnigen Böden, sofern eine der obigen Bedingungen nicht zutrifft:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; nach 4-tägiger Wasserlagerung);
- bei Unterbauschichten aus lehmigen oder tonhaltigen Böden bei unzureichender Entwässerung:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; bei vollständiger Sättigung).

Für den Unterbau können auch rezyklierte Materialien, auch als Mischung mit natürlichen Böden und Gesteinskörnungen, verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle C.3 erfüllen.

Schlussendlich können zur Herstellung von Unterbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln (Zement, Kalk, Kalk-Zement) verbesserte Böden, Abbruch sowie weiche, durch Verwitterung von Fels entstandene, bindige Gesteinskörnungen verwendet werden.

In letzteren Fällen ist die Eignung entweder im Labor durch Tragfähigkeitsmessungen CBR, wobei die obigen Richtwerte für die Tragfähigkeit eingehalten werden müssen, oder an den fertigen Schichten durch Messung des Verformungsmoduls E_{v2} , mit den Anforderungen nach Tabelle C.3, zu überprüfen sind.

Zur raschen Ableitung des anfallenden Tagwassers müssen die Oberflächen der Unterbauschichten in Straßendämmen dachförmig nach außen oder in Einschnitten zu den Entwässerungsanlagen hin mit einem Gefälle von 4% profiliert werden.

E) PRÜFUNGEN

1) Überprüfung der angelieferten Stoffe

Im Verlauf der Arbeiten müssen sowohl aufgrund der durch den Einbau der Bodenschichten vor allem in Zusammenhang mit der Verdichtung gestellten Anforderungen, als auch zum Nachweis, daß gleichbleibende Stoffeigenschaften gegeben sind, müssen Prüfungen an in Anwesenheit des Bauleiters entnommenen Probekörpern durchgeführt werden.

Die Anzahl der zu entnehmenden Prüfkörper hängt von der Heterogenität der jeweils betrachteten Böden ab; für jede homogene Lieferung ist die Anzahl der Eignungsprüfungen der Tabelle E.1 zu entnehmen.

Tabelle E.1		Anzahl der Prüfungen an den angelieferten Gesteinskörnungen			
Verwendung	Aufschüttung		Unterbau		
Prüfung	erste 10.000 m ³	weitere m ³	erste 5.000 m ³	weitere m ³	
Klassifizierung nach SN 670 008a	eine Prüfung je 2.000 m ³	eine Prüfung je 5.000 m ³	eine Prüfung je 500 m ³	eine Prüfung je 2.000 m ³	
Wassergehalt UNI CEN ISO/TS 17892-2	eine Prüfung je 500 m ³	eine Prüfung je 1.000 m ³	eine Prüfung je 200 m ³	eine Prüfung je 500 m ³	
Verdichtungsgrad UNI EN 13286-2 / DIN 18127	eine Prüfung je 5.000 m ³	eine Prüfung je 10.000 m ³	eine Prüfung je 1.000 m ³	eine Prüfung je 5.000 m ³	

2) Prüfung der Dichte und der Tragfähigkeit

Die einwandfreie Beschaffenheit der fertigen Bodenschichten kann, mit Bezug auf die Korngrößenverteilung der verwendeten Gesteinskörnung, durch die Prüfung des vorhandenen Verdichtungsgrades, im Vergleich zu den im Labor mit den AASHO-Versuchen erhaltenen Bezugswerten und/oder durch die Messung der Tragfähigkeit festgestellt werden.

Die Tragfähigkeitsprüfungen sind durch Messung des Verformungsmoduls E_{v2} nach DIN 18134 durchzuführen. Außerdem können auch Schnellversuche oder Hochleistungsversuche, wie etwa Messungen mit dem leichten Falling Weight Deflectometer LFW, zweckmäßig sein.

Dichtemessungen in Feldversuchen (Feucht- bzw. Trockendichte γ_d) werden nach DIN 18125 ausgeführt; die Ergebnisse werden auf den im Labor nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127 festgestellten Wert $\gamma_{d,max}$ bezogen. Zusätzlich ist der Wassergehalt der verdichteten Gesteinskörnungen nach UNI CEN ISO/TC 17892-1 festzustellen.

In Tabelle E.2 sind die Mindestanforderungen für die fertigen Schichten je nach ihrer Lage zusammen gefaßt. Soll auf Schnell- oder Hochleistungsversuche zurückgegriffen werden, müssen die Mindestanforderungen experimentell für jede Gesteinskörnungsart und für jede Anforderungsklasse festgestellt werden. Die Versuche können im Versuchsgelände oder auf den fertigen Bodenschichten, vor Beginn der Abschlussprüfungen, durchgeführt werden.

Beispielsweise wird bei den Schnellversuchen zur Bestimmung der Tragfähigkeit mit dem leichten Falling Weight Deflectometer LFW eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Geräten erhaltenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Das Schüttgut wird aufgrund des über diese Beziehung erhaltenen Wertes von E_{v2} beurteilt.

Die Tragfähigkeit des Bodens hängt in einem je nach Bodenart ausgeprägtem Ausmaß vom Wassergehalt ab; die in Tabelle E.2 angeführten Eigenschaften beziehen sich immer auf einen Wassergehalt zwischen den Grenzwerten $W_{opt} \pm 2\%$ (W_{opt} aus Versuchen nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127).

Wenn der Wassergehalt der Gesteinskörnung während den Versuchen außerhalb der besagten Grenzen liegen sollte, kann die Tragfähigkeit aufgrund der je nach Wassergehalt korrigierten Meßergebnisse geschätzt werden. Demnach müssen für jede Bodenart vorsorglich im Versuchsgelände die Zusammenhänge zwischen Tragfähigkeit und Wassergehalt des Bodens festgelegt werden.

Wurden diese Beziehungen nicht festgestellt, muß bei Plattendruckversuchen oder bei Setzungsmessungen der Wassergehalt bis auf eine Tiefe von zumindest 15 cm innerhalb besagter Grenzen zurückgeführt werden.

Tabelle E.2 Güterichtwerte und Anforderungen für Aufschüttungen und Unterbauschichten		
SCHICHT	Verdichtungsgrad % $\gamma_{d \max}$ im Labor ⁽¹⁾	Verformungsmodul E_{v2} (MN/m ²)
Unterbau ⁽²⁾	≥ 98 %	≥ 120
Aufschüttung ⁽³⁾	≥ 98 %	≥ 80
⁽¹⁾ Standard Proctor Versuch nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127 ⁽²⁾ in Gräben, auf der gesamten Dicke bei Bodenaustausch; in Aufschüttungen, in den obersten Schichten 1,0 m ab OK Untergrund ⁽³⁾ Aufschüttung in einer Tiefe größer als 1,00 m ab Auflager der Straßendecke		

Die Prüfungen werden an den vom Bauleiter angegebenen Stellen durchgeführt; über jede Messung ist eine Niederschrift zu führen.

3) Anzahl der Prüfungen

Sofern keine anders lautenden Anweisungen des Bauleiters vorliegen, muß die Anzahl der Prüfungen in den innerhalb Tabelle E.3 angegebenen Grenzen liegen.

Prüfungsart	Anzahl der Prüfungen an den fertig eingebauten Schichten				
	AUFSCHÜTTUNG		UNTERBAU		
	erste 5.000 m ³	weitere m ³	erste 5.000 m ²	weitere m ²	Fläche m ²
Dichte	eine Prüfung je 500 – 1.000 m ³	eine Prüfung je 3.000-5.000 m ³	eine Prüfung je 350 - 500 m ²	eine Prüfung je 1.000 m ²	-
E_{v2}-Modul Verhältnis E_{v2}/E_{v1}	eine Prüfung je 1.000-1.500 m ³	eine Prüfung je 5.000 m ³	-	-	eine Prüfung je 1.000 -2.000 m ²
E_{vd}-Modul (LFWD)	eine Prüfung je 100-150 m ³	eine Prüfung je 500 m ³			eine Prüfung je 200 -400 m ²

4) Toleranzen für die Meßergebnisse

Bei weniger als 5 Meßwerten, wie dies bei geringfügigen Arbeiten der Fall sein kann, gelten für jeden einzelnen davon die in Tabelle E.2 angeführten unteren Grenzwerte.

Ansonsten können innerhalb derselben Prüfung bei einem einzigen Meßwert aus einer Reihe von 5 Messungen, folgende Abweichungen von den besagten unteren Grenzwerten zugelassen werden:

- 5% bei Messungen der Trockendichte γ_d ;
- 10% bei Tragfähigkeit (Verformungsmodul E_{v2} oder sonstige Kenngrößen).

5) Toleranzen für die Ausführung des Planums

Für die Profilierung des Planums gelten folgende Tolleranzen:

± 2% für die Neigung der Böschungen in Einschnitten und Aufschüttungen;

± 3 cm für Unterbauschichten;

± 5 cm für die Auflagefläche des Unterbaus;

± 10 cm für die Abtreppungen in Böschungen, mit oder ohne Einbau einer Oberbodenschicht.

Die Abweichungen sind als Stichmaß unter einer 4 m langen, in zwei zueinander im rechten Winkel liegenden Richtungen aufgesetzten Richtlatten zu messen; das Stichmaß ist im rechten Winkel zu den überprüften Flächen zu messen.

In der Regel ist die Ausführungsgenauigkeit:

- jede 500 m², für Böschungen und Auflagefläche des Unterbaus und
- jede 200 m², für die Auflagefläche der Straßendecken zu prüfen.

Prämisse

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für alle weiteren Dokumente, welche den Straßenbau in Südtirol regeln. Dies gilt in analoger Weise auch für das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ aus dem Jahre 2015.

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen.

Es war daher zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erarbeiten, welche vom technischen Landesbeirat am 18.05.2017 mit positivem Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) genehmigt worden sind. Im Zweifels- bzw. Konfliktfalle überwiegen die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über alle anderen Dokumente und Richtlinien des Landes zu diesem Thema, da sie spezifischer und rezenter sind.

Artikel 2

BODENVERBESSERUNG MIT KALK

Bei diesem Verfahren wird die zu behandelnde Bodenschicht mit Kalk bestreut und durch Einsatz von fahrbaren Mischern mit dem Bindemittel vermischt (Eingang- oder Mehrgangmischer). Dadurch werden eine mittel- und langfristige Verbesserung der mechanischen Eigenschaften sowie der Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Wasser und Frost-Tauwechsel des Bodens erreicht.

A – BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1. Kalk

1.1 Allgemeines und Herkunft

Zur Bodenverbesserung kann vorwiegend aus Kalkoxyd und Kalkhydrat bestehender Luftkalk sowie ungelöschter¹ oder gelöschter² Branntkalk verwendet werden. Die zu verwendende Kalkart hängt vom Wassergehalt des zu verbessernden Bodens ab: für Böden mit hohem Wassergehalt ist ungelöschter Kalk zu verwenden. Der Kalk muss durch Kalzinierung aus Kalkstein hergestellt werden; die Verwendung von durch Verwertung von Baurückständen gewonnenem Kalk ist unzulässig.

Der verwendete Kalk ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 459-1 angebracht sein.

1.2 Anforderungen

Im Straßenbau darf ausschließlich Kalk der Klassen CL 90 oder CL 80 verwendet werden.

Die Korngrößenverteilung des ungelöschten Kalks muss zusätzlich innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.1 liegen. Bei der Bestimmung der Reaktivität nach UNI EN 459-2² muss der ungelöschte Kalk innerhalb von 25 Minuten eine Temperatur von 60°C erreichen.

¹ Ungelöschter Kalk wird gemahlen als Pulver oder als Wassersuspension verwendet. In letzterem Fall muss die Suspension zumindest 70% in Gewichtsanteilen Kalkoxyd enthalten.

² Bleibt ein Teil des ungelöschten Kalks auf dem 2 mm-Sieb liegen, ist das Überkorn aufzumahlen, bis dies nicht mehr der Fall ist; erst dann wird das Bindemittel zu den weiteren Prüfungen zugelassen.

Tabelle A.1

Sieböffnung (mm)	Kategorie P1	Kategorie P2	Kategorie P3	Kategorie P4
10	-	100	-	100
5	-	100	100	≥95
2	100	≥95	≥95	-
0,2	≥95	≥70	-	-
0,09	≥85	≥50	≥30	-
Anmerkung: Bestimmung der Korngrößenverteilung nach UNI EN 459-2:2010				

Der Bauleiter stellt die Einhaltung der gestellten Anforderungen anhand der EG-Konformitätserklärung für die Baustoffe und die Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

1.3 Wasser

Das zum Vermischen und zum Abbinden beigegebene Wasser darf die Eigenschaften des Gemischs nicht beeinträchtigen. Trinkwasser kann ohne weitere Überprüfung verwendet werden. Auf Anweisung des Bauleiters ist die Eignung des Wassers zu überprüfen; die Anforderungen für das Anmachwasser sind in der Norm UNI EN 1008 festgelegt.

1.4 Boden

Sowohl der Boden des Untergrunds sowie die Aufschüttungen können mit Kalk verbessert werden, sofern:

- der Boden den Klassen A₆ und A₇ nach UNI 11531-1:2014, den Klassen A₂₋₆ und A₂₋₇ mit einem Durchgang beim 0,4 mm-Sieb UNI nicht kleiner als 35% oder der Klasse A₅ mit I_p>8 zugeordnet werden kann;
- für den Boden ein Kationen-Austausch-Kapazität (KAK-Wert) größer als 200 festgestellt wird (Methylenblau-Methode: 200 cm³ Methylenblau-Lösung 10g/l auf 100 g des Durchgangs beim 0,25 mm-Sieb, nach UNI EN 933-9);
- der Gehalt an organischen Bestandteilen nicht größer als 3% ist;
- der Durchmesser des Größtkorn kleiner als 60 mm ist.
- der Sulfatanteil (SO₃) nicht größer als 0,3% nach UNI EN 1744-1, Absatz 10 ist; zur Aussonderung der Sulfate aus den Boden ist jedoch ein Verhältnis in Gewichtsanteilen Wasser/Boden von 10 anzusetzen. Wird vereinzelt ein Sulfatgehalt zwischen 0,3% und 0,5% festgestellt, kann der Boden örtlich zu Quellerscheinungen neigen, der Boden ist in diesem Fall besonders sorgfältig zu zerkleinern und mit Kalk zu vermischen. Insbesondere muss beim Mischvorgang der Wassergehalt des Bodens zumindest um 3-5% den bei den Verdichtungsversuchen festgestellten Optimalwert übersteigen. Nach einer Abbindezeit von zumindest 3 Tagen kann neuerlich Bindemittel beigemischt werden; die verbesserte Bodenschicht kann in der Folge verdichtet werden. Wird ein Sulfatgehalt zwischen 0,5% und 0,8% festgestellt, sind die beschriebenen Maßnahmen zu treffen und zusätzlich die genaue Abstimmung der Abbindezeit im Rahmen der Versuche zur Festlegung des Mischgutansatzes durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt kann auch überprüft werden, ob es zweckmäßig ist, den Kalk in 2 unterschiedlichen Arbeitsgängen beizumischen. Die Annahme des Gemischs hängt vorwiegend vom Quellmaß ab. Bei einem Sulfatgehalt über 0,8% ist von einer Bodenverbesserung mit Kalk abzusehen.

1.5 Gemisch

Die Zusammensetzung des Gemischs Boden-Kalk-Wasser wird aufgrund von, an amtlich anerkannten Prüfanstalten nach DPR Nr. 380/2001, Artikel 59 durchgeführten Versuchen zur Festlegung des Mischgutansatzes ermittelt.

1.5.1 Mischgutansatz

Für Bodenverbesserungen werden zumindest 3 Boden-Kalk-Gemische untersucht; dabei wird der Kalkgehalt, beginnend von dem unter a) angeführten Mindestwert (C.I.C.) gesteigert. Sofern keine weiteren Vorschriften des Bauleiters bei Böden mit mittlerem oder hohem Sulfatgehalt vorliegen, umfaßt die Untersuchung zumindest folgende Prüfungen an dem zu verbessernden Boden:

- a) Feststellung des Mindestwertes für den Kalkgehalt (C.I.C.) nach ASTM D6276-99a;
- b) Feststellung des Blauwertes nach UNI EN 933-9;

- c) Feststellung der Fließ- und der Plastizitätsgrenze (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- d) Feststellung der Verdichtungskurve mit der modifizierten Proctor-Arbeit (UNI EN 13286-2 oder Alternativ mit DIN 18127) für zumindest 5 Wassergehaltswerte sowie den natürlichen Wassergehaltswert des ungestörten Bodens;

Am Boden-Kalk-Gemisch sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- a) Feststellung der Fließ- und der Plastizitätsgrenze (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- b) Feststellung der Verdichtungskurve mit der modifizierten Proctor-Arbeit (UNI EN 13286-2) für zumindest 5 Wassergehaltswerte sowie den natürlichen Wassergehaltswert des ungestörten Bodens;
- c) Feststellung des CBR Wertes (UNI EN 13286-47:2006) an verdichteten Prüfkörpern mit optimalem Wassergehalt W_{opt} sowie $W_{opt}+3\%$, nach 28-tägiger Lagerung bei $20^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ und relativer Feuchte $>95\%$ ³ und nachträglicher Sättigung durch 4-tägige Wasserlagerung bei $20^\circ \pm 2^\circ \text{C}$. Nach der Sättigung wird zusätzlich das Quellmaß festgestellt. Auf Anweisung des Bauleiters sind die Messungen an je zwei Prüfkörpern für jeden Wassergehaltswert des Gemischs durchzuführen.
- d) auf Anweisung des Bauleiters ist zusätzlich der "unmittelbare" CBR-Wert nach CNR-UNI 10009 an verdichteten Prüfkörpern mit optimalem Wassergehalt W_{opt} sowie $W_{opt}+3\%$ festzustellen;
- e) auf Anweisung des Bauleiters ist zu Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel die Druckfestigkeit nach UNI EN 13286-41 festzustellen; die Prüfkörper sind nach UNI EN 13286-50 mit 98% der größten, bei den Verdichtungsversuchen erhaltenen Dichte und mit dem, bei der Verdichtung auf der Baustelle vorgesehenen Wassergehalt herzustellen. Die Probekörper werden während 28 Tagen bei $20^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ und relativer Feuchte $>95\%$ gelagert. Nach der Lagerung werden die Prüfkörper 13 Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt (16 Stunden bei -5°C , 8 Stunden bei 8°C). Auf Anweisung des Bauleiters sind die Messungen an je zwei Prüfkörpern durchzuführen.

Zur Aufbereitung des Gemischs wird der Boden bei einer Temperatur von höchstens 60°C getrocknet, bis die Masse unverändert bleibt. Danach wird Kalk in den zu untersuchenden Anteilen beigegeben. In der Folge wird Wasser in den zu untersuchenden Anteilen beigegeben; einer dieser Werte muss dem Wassergehalt des ungestörten Bodens entsprechen.

Der Zeitraum zwischen der Wasserbeigabe und der Verdichtung des Gemischs wird auch aufgrund der Hinweise des Bauleiters bezüglich Bodenart, Arbeitsprogramm und Feldprüfungen festgelegt.

Die Verdichtungskurven und die CBR-Kurven sind sowohl als Funktion der dem getrockneten Boden beigegebenen Wassermenge als auch des am Boden-Kalk-Gemisch nach Lagerung gemessenen Wassergehalts, darzustellen.

B – GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Zur Verbesserung des Unterbaus gelten die Boden-Kalkgemische als geeignet, welche folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Mindestwert für den Kalkgehalt (C.I.C.) $>1,5\%$;
- b) Methylenblauwert VB $>2 \text{ g/kg}$;
- c) CBR-Wert $>30\%$ für Prüfkörper mit einem Wassergehalt bei der Aufbereitung W_{opt} und $W_{opt}+3\%$, nach Lagerung und Sättigung;
- d) Quellmaß nach 4-tägiger Wasserlagerung $<1,5\%$ für Prüfkörper mit einem Wassergehalt bei der Aufbereitung W_{opt} und $W_{opt}+3\%$, nach Lagerung und Sättigung;
- e) Druckfestigkeit $R_c \geq 1,2 \text{ MPa}$.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn des Einbaus die Ergebnisse der genannten Prüfungen mitzuteilen und den Kalkanteil, den er dem Gemisch beizugeben gedenkt, vorzuschlagen. Nach Genehmigung des Mischgutansatzes durch den Bauleiter, kann das Gemisch verwendet werden.

Unter keinen Umständen darf der Gewichtsanteil des Kalks am Gemisch geringer als $2,0\%$ sein, ist dies der Fall, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Bodenschicht abzutragen und zu beseitigen.

³ Abweichend kann die Lagerung auch während 48 h bei $49 \pm 1^\circ \text{C}$ und relativer Feuchte $>95\%$ stattfinden.

C – EINBAU

Die Oberfläche ist genau nach Zeichnung zu profilieren. Bei Bedarf ist der Boden mit einer Walze zu verdichten, um besonders setzungsempfindliche Bereiche festzustellen. Auf Anweisung des Bauleiters sind diese Bereiche vor Beginn der Verbesserung durch Bodenaustausch oder anders zu verfestigen.

Vor der Vermischung ist der natürlich gelagerte Boden bis auf die für die Verbesserung vorgesehene Tiefe zu lockern; hierzu werden geeignete Maschinen mit rotierenden Schaufeln eingesetzt, welche in mehreren Gängen den Boden auffräsen, bis die größten Erdknollen einen Durchmesser unter 40 mm aufweisen.

Bei diesem Vorgang muss der Boden gleichmäßig über die gesamte Arbeitsbreite und bis auf die gewollte Tiefe gelockert werden. Die Arbeitstiefe muss deutlich verfolgbar und erkennbar sein.

Nach der Auflockerung ist der Wassergehalt des anstehenden Bodens festzustellen; die Messungen sind mit zeitsparenden Verfahren an verschiedenen Standorten und in verschiedenen Tiefen durchzuführen.

Als zufriedenstellend können die Werte für den Wassergehalt zwischen dem Optimalwert für das Gemisch W_{opt} und $W_{opt}+3\%$ betrachtet werden. Bei übermäßigem Wassergehalt wird, im Einvernehmen mit dem Bauleiter, der Boden erneut durchgefräst. Das Bindemittel darf nicht beigegeben werden, solange der Wassergehalt außerhalb der besagten Grenzwerte liegt. Ist der Wassergehalt wesentlich höher als der für die Verdichtung günstigste Optimalwert, ist die Verwendung von gemahlenem, ungelöschtem Kalk wegen seiner wasserentziehenden Wirkung zu empfehlen.

Der staubförmige Kalk wird in der, im Mischgutansatz vorgegebenen Menge mit Einsatz von Verteilermaschinen, mit von der Fahrgeschwindigkeit abhängiger Dosiervorrichtung, ausgestreut. Die Bindemittelverteilung ist bei Wind einzustellen, wenn trotz Ausstattung mit Atemschutz die Gesundheit des Personals und eine genaue Dosierung nicht mehr gewährleistet werden können. Der Boden muss in der Folge gemäß Anweisung des Bauleiters befeuchtet werden, bis der vorgeschriebene Wassergehalt erreicht wird.

Das Bindemittel darf höchstens auf einer, innerhalb einer Tagesschicht zu verbessernden Fläche verteilt werden.

Innerhalb von 6 Stunden nach der Verteilung hat die Vermischung mittels Mischer in 2 oder mehreren Durchgängen zu erfolgen. Einzusetzen sind fahrbare, für eine Arbeitstiefe von 50 cm ausgelegte Mischer mit einer rotierenden Mischwelle.

Die Arbeitstiefe und die Gleichmäßigkeit der Vermischung sind durch Sichtprüfung an der Maschine während des Mischvorgangs festzustellen. Die Beschaffenheit des Gemischs kann auch in Schürfschlitz durch das Phenolphthalein-Verfahren⁴ überprüft werden.

Nach der Vermischung müssen die Erdschollen so zerkleinert worden sein, daß das gesamte Gemisch durch das Sieb zu 31,5 mm fällt und höchstens 50% des Gemischs auf dem Sieb zu 4 mm liegen bleibt.

Auf Anweisung des Bauleiters muss, je nach Zusammensetzung und Reaktivität des zu verbessernden Bodens, 1 bis 7 Tage nach dem ersten Mischvorgang eine zusätzliche Endvermischung vorgenommen werden. Die Dauer dieser Abbindezeit wird vom Bauleiter aufgrund der Ergebnisse der Prüfungen zur Ermittlung des Mischgutansatzes festgelegt.

Aufgrund der angewendeten Arbeitsverfahren entstehen Längs- und Quernähte an den Übergängen. Die bei der Verbesserung von nebeneinander liegenden Bahnen entstehenden Übergänge müssen um mindestens 15 cm überlappt sein. Die zu behandelnden Bodenschichten müssen innerhalb eines Tages auf ihrer gesamten Breite fertig vermischt werden.

Entlang der senkrecht zur Straßenachse verlaufenden Quernähte, ist das verdichtete Gemisch in den Bereichen, wo der Kalkgehalt, die Dicke oder die Verdichtung unzulänglich oder ungleichmäßig sind, abzutragen. Die Übergänge sind zu Beginn des folgenden Arbeitstages am abgebundenen Boden auszubilden; die Stirnseiten sind senkrecht zu beschneiden, um die Rißbildung zu vermeiden.

Zur Verdichtung sind, je nach geotechnischen Eigenschaften des Boden-Kalk-Gemischs, Schafffußwalzen, Glattmantelwalzen, Rüttelwalzen oder Gummiradwalzen einzusetzen.

Das Planum ist mit Einsatz eines Straßenhobels ohne Beigabe von Boden oder sonstigen Stoffen herzustellen. Das fertige Planum der verbesserten Bodenschicht muss genau nach Zeichnung und nach Längsschnitt profiliert werden.

⁴ Ein 30 cm breiter Schürfschlitz wird auf die gesamte Dicke der verbesserten Bodenschicht ausgehoben. Die Grabenwände werden mit dem pH-Indikator aus in Alkohol gelöstem Phenolphthalein gesättigt. Von der Intensität der violetten Verfärbung des Indikators können die Tiefe und die Gleichmäßigkeit der Vermischung abgeleitet werden.

Nach der Verdichtung und der Profilierung ist die Oberfläche, sofern die verbesserte Bodenschicht nicht innerhalb von 24 Stunden mit einer weiteren Schicht des Straßenaufbaus überdeckt wird, als Schutzschicht mit 1,5 kg/m² Bitumenemulsion mit langer Brechzeit Typ EL 55 (Amtliches Merkblatt CNR Nr.3) oder abweichend mit 1 kg/m² Flüssigbitumen BL 350-700 (Amtliches Merkblatt CNR Nr.7) zu besprühen.

D - PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften der mit Kalk verbesserten Bodenschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen und am Gemisch als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 oder ASTM D 1556-90 gemessen.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d,opt}$ ist:

$$s = 100 (0,98 * \gamma_{d,opt} - \gamma_d) / 0,98 * \gamma_{d,opt}$$

Weicht die festgestellte Trockendichte um mehr als 95% vom, im Labor am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFDW durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 120 MN/m² nicht unterschreiten; das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein. Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit unter dem Sollwert festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(120 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Meßwerte für den Verformungsmodul E_{v2} unter 100 MN/m² oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFDW, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der gebundenen Bodenschichten wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Der Bauleiter kann zusätzlich Messungen des CBR-Wertes, des Quellmaßes und der Druckfestigkeit an auf der Baustelle entnommenen Probekörpern des verdichteten Gemischs verlangen.

Werden die im Labor am Mischgutansatz gemessenen Werte um mehr als 90% unterschritten, entscheidet der Bauleiter über die Annahme der verbesserten Bodenschichten und über mögliche Preisabzüge.

Tabelle D.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Verdichtetes Gemisch	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 2.000 m ³ verbesserter Boden	CBR-Wert, Quellmaß und Druckfestigkeit (Bruch) nicht unter 90% der im Labor für das Gemisch nach Mischgutansatz erhaltenen Werte
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Lagerungsdichte nicht unter 98% der im Labor gemessenen Dichte nach AASHTO modifiziert (DIN 18127 oder CNR 69/78)
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Verformungsmodul E_{v2} , mit Plattendruckversuch (Platte zu 300 mm) nach DIN 18134 festgestellt, non unter 120 MN/m ² mit $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für alle weiteren Dokumente, welche den Straßenbau in Südtirol regeln. Dies gilt in analoger Weise auch für das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ aus dem Jahre 2015.

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen.

Es war daher zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erarbeiten, welche vom technischen Landesbeirat am 18.05.2017 mit positivem Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) genehmigt worden sind. Im Zweifels- bzw. Konfliktfalle überwiegen die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über alle anderen Dokumente und Richtlinien des Landes zu diesem Thema, da sie spezifischer und rezenter sind.

Artikel 3

BODENVERBESSERUNG MIT KALK UND HYDRAULISCHEM BINDEMITTEL

Die Technik besteht in der Stabilisierung mittels Vermischung mit geeigneten Mischmaschinen (Pulvimixer), von Kalk und Zement mit dem alten Straßenkörper.

Der Eingriff kann direkt auf die oder den bestehenden Schichten, d.h. auf die gefrästen und aufgelockerten Materialien, durchgeführt werden. Die oberen Schichten werden zunächst Abgetragen um die Stabilisierung des Untergrundes mit Kalk zu ermöglichen und anschließend wieder aufgetragen um den neuen Straßenunterbau herzustellen.

Der gleiche Eingriff kann bei der Realisierung von Straßenunterbauten angewendet werden, bei Anwesenheit von Materialien, dessen Eigenschaften den Anforderungen nicht entsprechen (plastisches Verhalten, geringe Kohäsion).

Die Anwendung von Kalk, zusätzlich zum Zement, ist dann erforderlich, wenn das zu stabilisierende Material einen Plastizitätsindex $I_p > 6$ (bestehende plastische Tragschicht, Vermischung mit dem bestehenden Straßenunterbau, plastische Zugabematerialien) aufweist.

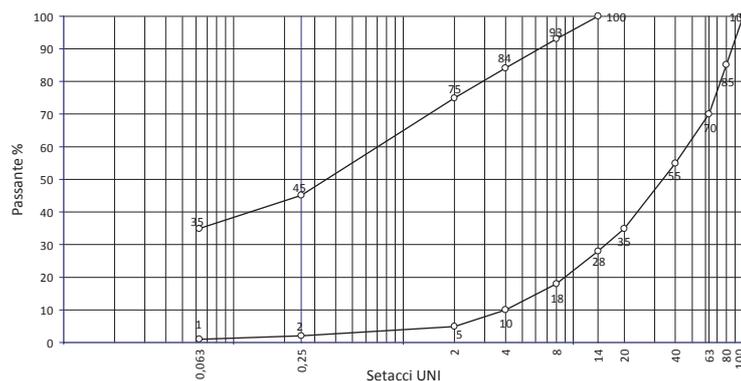
A – MISCHGUTANSATZ

1. Zu stabilisierendes Material

Das zu behandelnde Material stammt generell von den alten Tragschichten und beinhaltet eventuell auch Teile der darüberliegenden Asphaltsschichten (Fräsgut) und Material des Unterbaues. Weiters können Aushubmaterial, natürliche Gesteinskörnungen und/oder rezykliertes Material verwendet werden. Die Korngrößenverteilung des zu behandelnden Mischgutes muss innerhalb des Sieblinienbereiches nach Tabelle A.1 liegen.

Tabelle A.1

Körnungverteilung		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Sieb	100	100
Sieb	80	85 – 100
Sieb	63	63 – 100
Sieb	40	55 – 100
Sieb	20	35 – 100
Sieb	16	31 – 100
Sieb	14	28 – 100
Sieb	12,5	24 - 97
Sieb	10	22 - 96
Sieb	8	18 – 93
Sieb	6,3	15 - 90
Sieb	4	10 – 84
Sieb	2	5 – 75
Sieb	1	4 - 65
Sieb	0,25	2 – 45
Sieb	0,063	1 – 35



Der vorhandene Boden kann mit Kalk und/oder hydraulischem Bindemittel behandelt werden, wenn der Anteil an organischem Material nicht höher als 3% ist und der Sulfatanteil (SO_3), gemessen nach UNI EN 1744-1, die 0,3% nicht überschreitet.

2. Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein. Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme zu verwenden und das Mischverhältnis ist anhand spezifischer Laborprüfungen zu ermitteln.

3. Kalk

In den Fällen, wo das zu stabilisierende Material einen Plastizitätsindex $\text{IP} > 6$ zeigt muss eine Vorbehandlung mit Kalk erfolgen. Zur Bodenverbesserung kann vorwiegend aus Kalkoxyd und Kalkhydrat bestehender Luftkalk sowie ungelöschter¹ oder gelöschter Branntkalk verwendet werden. Die zu

¹ Ungelöschter Kalk wird gemahlen als Pulver oder als Wassersuspension verwendet. In letzterem Fall muss die Suspension zumindest 70% in Gewichtsanteilen Kalkoxyd enthalten.

verwendende Kalkart hängt vom Wassergehalt des zu verbessernden Bodens ab: für Böden mit hohem Wassergehalt ist ungelöschter Kalk zu verwenden. Der Kalk muss durch Kalzinierung aus Kalkstein hergestellt werden; die Verwendung von durch Verwertung von Baurückständen gewonnenem Kalk ist unzulässig. Der verwendete Kalk ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 459-1 angebracht sein. Es darf ausschließlich Kalk der Klassen CL 90 oder CL 80 verwendet werden.

4. Wasser

Das zum Vermischen und zum Abbinden beigegebene Wasser darf die Eigenschaften des Gemischs nicht beeinträchtigen und darf keine schädlichen Verunreinigungen, Öle, Säuren, Laugen, organisches Material, Ton oder Schluff sowie sonstige schädliche Substanzen enthalten. Auf Anweisung des Bauleiters ist die Eignung des Wassers zu überprüfen; die Anforderungen für das Anmachwasser sind in der Norm UNI EN 1008 festgelegt.

5. Gemisch

Die Zusammensetzung des Bindemittels (Hydraulisches Bindemittel und eventuell Kalk) und der für das Auswalzen optimale Feuchtegehalt, werden aufgrund von, an amtlich anerkannten Prüfanstalten nach DPR Nr. 380/2001, Artikel 59 durchgeführten Versuchen zur Festlegung des Mischgutansatzes ermittelt.

B – GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn des Einbaus die Ergebnisse der genannten Prüfungen mitzuteilen und den hydraulischen Bindemittel- und Kalkanteil, den er dem Gemisch beizugeben gedenkt, vorzuschlagen. Nach Genehmigung des Mischgutansatzes durch den Bauleiter, kann das Gemisch verwendet werden.

Sofern die Mischungen die Anforderungen erfüllen, welche in Tabelle B.1 dargestellt sind, werden sie als geeignet zur Anfertigung einer Tragschicht angesehen.

Tabelle B.1		Zementgebundenes Korngemisch (weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch)			
Anforderung	Prüfmethode	Symbol	Maßeinheit	Sollwert	Widerstandsklassen
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Indirekte Zugfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Steifigkeitsmodul nach 28 Tagen – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	3,0 – 8,0	Kategorie T2 – T4
(*) Prüfkörper mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellt					

Unter keinen Umständen darf der Gewichtsanteil des Kalks bzw. hydraulische Bindemittel am Gemisch geringer als 2,0% sein, ist dies der Fall, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Bodenschicht abzutragen und zu beseitigen.

C – EINBAU

Vor dem Mischvorgang muss der Aufbruch der bestehenden Schichten durch eine Fräse oder mittels der Stabilisierungsmaschine selbst erfolgen.

Wenn das gefräste Material wieder eingebracht wird, oder im Falle einer Materialergänzung muss beim Ausgleichen dafür gesorgt werden, dass die vorgeschriebene Schichtstärke konstant eingehalten werden kann.

Nach der Auflockerung ist der Wassergehalt des anstehenden Bodens festzustellen; die Messungen sind mit zeitsparenden Verfahren an verschiedenen Standorten und in verschiedenen Tiefen durchzuführen.

Als zufriedenstellend können die Werte für den Wassergehalt zwischen dem Optimalwert für das Gemisch W_{opt} und $W_{opt}+2\%$ betrachtet werden. Bei übermäßigem Wassergehalt wird, im Einvernehmen mit dem Bauleiter, der Boden erneut zur Belüftung durchgefräst, oder bei zu großer Trockenheit bewässert.

Wenn die optimale Feuchte erreicht ist, bzw. die Abweichung im zulässigen Bereich liegt, wird der Zement in der, im Mischgutansatz vorgegebenen Menge mit Einsatz von Verteilermaschinen, mit von der Fahrgeschwindigkeit abhängiger Dosiervorrichtung, ausgestreut.

Die Vermischung hat mittels Pulvimixer in einem oder zwei Durchgängen zu erfolgen.

Mit der gleichen Prozedur wie beim Zement wird der Kalk in der vorgeschriebenen Menge, bzw. mit den vom Bauleiter angeordneten Abänderungen, gestreut, sofern die Plastizität des Materiales eine derartige Vorbehandlung erforderlich macht. Nach der Vermischung des Kalkes mittels Pulvimixer in einem oder zwei Durchgängen erfolgt das Ausbringen und Vermischen des Zementes. Nach der Vermischung des Zementes, muss mittels Graeder die Schicht ausgeglichen werden. Die anschließende Verdichtungsarbeiten müssen zuerst durch eine, mit Kompaktometer ausgestattete Vibrationswalze mit Gewicht über 12 t und dann mit einer mind. 15 t schwere Gummiradwalze erfolgen, bis 98% der im Labor ermittelten mod. AASHO Dichte erreicht wird. Das Bindemittel darf höchstens auf einer, innerhalb einer Tagesschicht zu verbessernden Fläche verteilt werden. Die Bindemittelverteilung ist bei Wind einzustellen, wenn, trotz Ausstattung mit Atemschutz, die Gesundheit des Personals und eine genaue Dosierung nicht mehr gewährleistet werden können.

Aufgrund der angewendeten Arbeitsverfahren entstehen Längs- und Quernähte an den Übergängen. Die bei der Verbesserung von nebeneinander liegenden Bahnen entstehenden Übergänge müssen um mindestens 15 cm überlappt sein. Entlang der senkrecht zur Straßenachse verlaufenden Quernähte, ist das verdichtete Gemisch in den Bereichen, wo der Kalk – und Zementgehalt, die Dicke oder die Verdichtung unzulänglich oder ungleichmäßig sind, abzutragen. Die Übergänge sind zu Beginn des folgenden Arbeitstages am abge bundenen Boden auszubilden; die Stirnseiten sind senkrecht zu beschneiden, um die Rißbildung zu vermeiden.

Die Arbeiten dürfen in der Regel, bei Außentemperaturen unter 5°C und über 25°C , bzw. bei Regen nicht durchgeführt werden. Bei Temperaturen zwischen 25°C und 30°C kann man fortfahren, unter der Bedingung, dass unmittelbar nach Mischung und Verdichtung die bituminöse Schutzschicht aufgebracht wird.

Die Idealtemperatur liegt zwischen 15°C und 18°C und die ideale relative Luftfeuchtigkeit bei 50% ca. Die Durchführung der Arbeiten ist auch bei höheren Temperaturen zulässig, wenn auch die relative Luftfeuchtigkeit entsprechend höher ist. Bei Temperaturen unter dem Mittelwert soll darauf geachtet werden, dass die Relative Luftfeuchtigkeit nicht unter 15% liegt, da auch dies zu starke Verdunstung verursachen würde.

Durch ungünstige Witterungsverhältnisse oder aus anderen Gründen mangelhafte Schichten, müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 1 cm zulässig wenn der Fehler nur vereinzelt vorkommt.

Wenn die Abweichung größer ist, kann der Fehler nicht durch die Aufbringung von neuem Material ausgebessert werden, sondern es muss die gesamte Schicht zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

Nach der Verdichtung und der Profilierung ist auf die Oberfläche, sofern die verbesserte Bodenschicht nicht innerhalb von 24 Stunden mit einer weiteren Schicht des Straßenaufbaus überdeckt wird, eine Schutzschicht mit $1,5 \text{ kg/m}^2$ Bitumenemulsion mit langer Brechzeit, die mit Sand abgesplittet wird, aufzubringen. Ansonsten muss, um die Feuchtigkeit der Oberfläche zu gewährleisten, der bearbeitete Abschnitt drei Mal täglich mit Wasser befeuchtet werden.

Die bearbeitete Schicht darf ab dem dritten Tag nach dem Einbau für den Gummiradverkehr freigegeben werden.

D – PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften der mit Kalk und hydraulische Bindemittel verbesserten Bodenschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen und am Gemisch als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 oder ASDM D 1556-90 gemessen.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d,opt}$ ist:

$$s = 100 (0,98 * \gamma_{d,opt} - \gamma_s) / 0,98 * \gamma_{d,opt}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 95% vom, im Labor am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 150 MN/m² innerhalb der ersten 24 Stunden nach Fertigstellung nicht unterschreiten, 3 Tage nach dem Einbau muss der Wert über 200 MN/m² liegen und das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit 3 Tage nach dem Einbau, die unter 200 MN/m² liegen, festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(200 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Meßwerte für den Verformungsmodul E_{v2} (nach 3 Tage) unter 180 MN/m² oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Modul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Modul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der gebundenen Bodenschichten wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Der Bauleiter kann, sofern er es als notwendig ansieht, weitere Kontrollmessungen mittels Falling-Weight-Deflectometer – FWD veranlassen. Von den Werten des **Elastizitätsmodul**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung gemessen werden, darf das 85% Perzentil den Wert von 12,0 GPa nicht überschreiten. Von denselben Werten darf das 15% Perzentil 4,0 GPa nicht unterschreiten. Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 85% Perzentil von 12,0 GPa überschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) ein Abzug von 10%.

Für Werte des Elastizitätsmodul, die das 15% Perzentil von 4,0 GPa unterschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 5 (s + s^2)$$

Wo s die Abweichung zwischen 4 GPa und dem Wert des 15% Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen des gelieferten Mischgutes von dem anhand der Eignungsprüfung vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die Überlagerung der festgestellten Mängel nicht die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche beeinträchtigt.

Tabelle D.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Mineralstoffgemisch vor der Ausbreitung des Bindemittels (Kalk und Zement)	Zu bearbeitender Abschnitt vor der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2.000 m ³ verarbeiteter Boden	Siebanalyse
Mineralstoffgemisch vor der Vermischung mit Kalk und mit Zement	Zu bearbeitender Abschnitt nach der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2.000 m ³ verarbeiteter Boden	Menge des ausgebreiteten Kalkes /m ² Menge des ausgebreiteten Zementes /m ²
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 500 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Lagerungsdichte nicht unter 98 % der im Labor gemessenen Dichte nach AASHTO modifiziert (DIN 18127 oder CNR 69/78)
Fertige Bodenschicht 3 Tage nach Verfestigung	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Verformungsmodul E_{v2} , mit Plattendruckversuch (Platte zu 300 mm) nach DIN 18134 festgestellt, nicht unter 180 MN/m ² mit $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für alle weiteren Dokumente, welche den Straßenbau in Südtirol regeln. Dies gilt in analoger Weise auch für das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ aus dem Jahre 2015.

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen.

Es war daher zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erarbeiten, welche vom technischen Landesbeirat am 18.05.2017 mit positivem Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) genehmigt worden sind. Im Zweifels- bzw. Konfliktfalle überwiegen die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über alle anderen Dokumente und Richtlinien des Landes zu diesem Thema, da sie spezifischer und rezenter sind.

Artikel 4

GESTEINSKÖRNUNG FÜR UNGEBUNDENE TRAGSCHICHTEN

Die Gesteinskörnung besteht aus einem ungebundenen Gemisch aus durch Aufbereitung von natürlichen, künstlichen oder rezyklierten Stoffen gewonnenem Material für das Bauwesen. Die Aufbereitung kann unter Umständen aus der Beigabe und Vermischung mit Gesteinkörnungen anderer Korngruppen bestehen. Im Straßenbau wird die Gesteinskörnung zur Herstellung von Tragschichten verwendet.

A – BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1 Gesteinskörnung

1.1 Allgemeines und Herkunft

Die verwendete Gesteinskörnung ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 und EN 13285 angebracht sein.

Die Bezeichnung jeder Korngruppe muß folgende Angaben enthalten:

- Korngröße;
- Art der Mineralstoffe (vorwiegende petrographische Zusammensetzung);
- Standort der Gewinnung und der Lagerung sowie Hersteller;

Die Gesteinskörnung darf aus Bestandteilen unterschiedlicher Herkunft oder petrographischer Zusammensetzung bestehen, sofern für jede Bodenart die Anforderungen nach Tabelle A.1 eingehalten werden.

Ist die Gesteinskörnung der Einwirkung von Frost- und Tauwechsel ausgesetzt, dürfen keine Schichtsilikate und insbesondere Kaolinite, Chlorite, Smektite, Vermikulite, Glimmer oder durch Verwitterung entstandenes Eisenoxyhydrat enthalten sein.

Tabelle A.1		GESTEINSKÖRNUNG			
Kenngrößen	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	UNI EN 1097-2	SZ	%	≤32	SZ ₃₂
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-2	F	%	≤1	F ₁
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	NP	
Gehalt an organischen Stoffen	UNI EN 1744-1		%	abwesend	
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3		%	abwesend	
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321		%	≤0,1	
Schwellwert			%	Keiner	

Es können rezyklierte Materialien verwendet werden, die bei Abbrucharbeiten oder als Rückstände von industriellen Verarbeitungsprozessen unter Beachtung der geltenden nationalen Bestimmungen gewonnenen werden.

Die rezyklierten Gesteinskörnungen können zur Errichtung von Tragschichten auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle A.2 erfüllen.

In Wiederaufbereitungsanlagen dürfen die zu rezyklierenden Stoffe ausschließlich vom Herstellungs- oder vom Abbruchort bezogen werden; streng untersagt ist die Belieferung aus Deponien jeglicher Art.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Tabelle A.2		MISCHUNGEN VON REZYKLIERTEN KÖRNUNGEN FÜR UNGEBUNDENE TRAGSCHICHTEN	
Kenngrößen	Norm	Anforderung	Proben Frequenz
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/31,5 mm	1000 m ³
Überkorn	UNI EN 933-1	OC ₇₅	1000 m ³
Feinanteilgehalt max.	UNI EN 933-1	UF ₉	1000 m ³
Feinanteilgehalt min.	UNI EN 933-1	LF ₂	1000 m ³
Korngrößenzusammensetzung	UNI EN 933-1	GA	1000 m ³
Plattigkeitskennzahl von groben Aggregaten	UNI EN 933-3	FI ₃₅	10.000 m ³
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	SE ₃₀	1000 m ³
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _f ≤ 15	2000 m ³
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP ≤ 6%	2000 m ³
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE ₅₀	2000 m ³
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI ₄₀	10.000 m ³
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C _{70/10}	2000 m ³
Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	UNI EN 1097-2	SZ ₃₂	10.000 m ³
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3	abwesend	2000 m ³
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	R _{cug90}	5000 m ³
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	R _{g5-}	1000 m ³
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	R _{a30-}	1000 m ³
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³
Anteil an schwimmendem Inertmaterial: Leca (Blähton), Schaumbeton	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nicht schwimmendes steiniges Materialien	UNI EN 933-11	X ₁₋	1000 m ³
Max. Dichte mittels modifiziertem Proctorversuch	UNI EN 933-11	√	2000 m ³
Tragfähigkeit CBR an verdichteten Probenkörpern nach 4 Tagen Wasserlagerung mit einer ±2% optimalen Feuchte bei 95% der optimalen modifizierten Proctordichte	UNI EN 13286-47	≥50	20.000 m ³
Schwellwert CBR	UNI EN 13286-47	≤1%	20.000 m ³
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	2000 m ³
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321	≤0,1	10.000 m ³
⁽¹⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Körnungsgruppen bestimmt			
Das Symbol √ gibt an, dass die Charakteristiken ermittelt aber keine Anforderung entsprechen müssen			
Das Symbol – gibt an, dass die Charakteristik weggelassen werden kann			

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

1.2 Korngröße und Korngrößenverteilung

Die Korngruppen der Mineralstoffe sind mittels unterer und oberer Siebgröße d/D nach UNI EN 13242 zu bezeichnen. Zu verwenden sind der Grundsiebsatz und der Ergänzungssiebsatz +2.

Die Korngrößenverteilung muß den allgemeinen Anforderungen nach UNI EN 13242 für das Grobkorn, das Feinkorn und Gesteinkörnungsgemische entsprechen.

1.3. Geometrische, physikalische und chemische Anforderungen sowie jene an die Dauerhaftigkeit

Die zur Aufbereitung der Gesteinskörnung verwendeten Mineralstoffe müssen den in Tabelle A.1 angeführten Anforderungen entsprechen. Der Besitz besagter Eigenschaften wird anhand entsprechender Kennwerte in der EG-Konformitätserklärung für die Gesteinskörnungen für das letzte halbe Jahr ausgewiesen.

Die Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 3, im DPR Nr. 246/93 (System 2+) ausgestellt.

Die gesamte Dokumentation, beinhaltend die EG-Konformitätserklärung und die Leistungserklärung (DoP), muß mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten dem Bauleiter übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2. Mischgut

Die Korngruppe des verwendeten Gesteinskörnungsgemischs muß nach UNI EN 933-1 bezeichnet werden; mit dem Größtkorn $D = 31,5$ mm ergibt sich die Bezeichnung 0/31,5. Die Eigenschaften des verwendeten Gemischs müssen den in Tabelle A.3 angeführten Anforderungen entsprechen; die Korngrößenverteilung muß innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.4 liegen.

Tabella A.3		Anforderungen an das Gemisch (UNI EN 13285)			
Kenngrößen	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Korngrößenverteilung	UNI EN 933-1	G	mm	0/31,5	G ₀
Unterkorn (Siebdurchgang D)	UNI EN 933-1	OC	%	da 85 a 99	OC ₈₅
Höchstgehalt an feiner Gesteinskörnung	UNI EN 933-1	UF	%	≤ 5	UF ₇
Mindestgehalt an feiner Gesteinskörnung	UNI EN 933-1	LF	%	≥ 2	LF ₂

Der Auftragnehmer kann Gesteinskörnungsgemische mit einer von der in Tabelle A.3 abweichenden Kategorie der Korngrößenverteilung vorschlagen.

Der Tragfähigkeitskennwert CBR nach UNI EN 13286-47, gemessen nach 4-tägiger Wasserlagerung (gemessen am Material des Siebdurchgang von 25,4 mm), darf den für die Bemessung der Deckschicht angenommenen Wert beziehungsweise den unteren Grenzwert 50 nicht unterschreiten. Diese Bedingungen müssen auch für Abweichungen von $\pm 2\%$ vom optimalen Wassergehalt für die Verdichtung zutreffen.

Tabella A.4		
SIEBLINIENBEREICH 0/31,5 KORNVERTEILUNG		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Sieb	45	100
Sieb	31,5	85-99
Sieb	16	50-78
Sieb	8	31-60
Sieb	4	18-46
Sieb	2	10-35
Sieb	1	6-26
Sieb	0,5	2-20
Sieb	0,063	2-7

Der Bauleiter stellt die Einhaltung der in den Tabelle A.3 und A.4 gestellten Anforderungen anhand der CE Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP) für die Baustoffe und die Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

B – GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer muß dem Bauleiter mit einer angemessenen Frist vor Beginn der Arbeiten für jeden Herstellungsstandort geeignete Unterlagen vorlegen, welche zumindest folgende Angaben enthalten müssen:

- Zusammensetzung der zu verwendenden Gesteinskörnung;
- EG-Konformitätserklärungen und die Leistungserklärung (DoP);
- Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers für das letzte Jahr;
- mit der modifizierten Proctor - Verdichtung bestimmte Kraft-Eindringtiefe-Kurve nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127;
- CBR-Wert für die gesättigten Probekörper.

Der Mischgutansatz des vom Auftragnehmer eingebauten Mischguts muß genau der vom Bauleiter genehmigten Zusammensetzung entsprechen.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter die Bezugsquelle, den Standort und die Bedingungen der Lagerung (mit Angabe der vorgesehenen Schutzvorkehrungen gegen anfallendes Wasser und Verschmutzung), die geplanten Verarbeitungsverfahren sowie Art und Leistungsfähigkeit der zu verwendenden Einrichtungen schriftlich mitteilen.

C – EINBAU DER GESTEINSKÖRNUNG

Das Planum der Unterlage für die einzubauende Schicht muß genau nach Zeichnung profiliert sein, die erforderliche Tragfähigkeit aufweisen und frei von Fremdstoffen oder Verschmutzungen sein. Das Schüttgut ist in höchstens 30 cm und zumindest 10 cm dicken Schichten einzubauen; nach der Verdichtung muß die Oberfläche gleichmäßig vermischt und ohne Kiesnester erscheinen. Wasser ist mit eigenen Sprühgeräten beizugeben, bis der Wassergehalt den für die Verdichtung günstigsten Wert erreicht. Zum Einbau sind eigens ausgestattete Straßenfertiger oder Straßenhobel (Grader) einzusetzen.

Alle genannten Arbeitsgänge müssen eingestellt werden, wenn durch Witterungseinflüsse (Niederschläge, Frost) die Eigenschaften der verdichteten Schichten beeinträchtigt werden können.

Mangelhafte sowie durch Wasserandrang oder durch Witterungseinflüsse beeinträchtigte Schichten müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

Die zur Verdichtung vorbereitete Schicht muß gleichförmig die vorgeschriebene Korngrößenverteilung aufweisen. Zur Verdichtung sind fahrbare Vibrationswalzen, Gummiradwalzen oder Tandemwalzen einzusetzen. Auf jeder Baustelle ist die Eignung der Verdichtungsgeräte und –verfahren in Anwesenheit des Bauleiters vor Beginn der Arbeiten mit Feldversuchen an dem, für die betreffende Baustelle gewählte Gesteinskörnungsgemisch zu überprüfen.

Die eingebaute Schicht ist so lange zu verdichten, bis folgende Verdichtungskennwerte gemessen werden:

- eine **Trockendichte** nach DIN 18125 nicht unter 98% des mit der modifizierten Proctor- Verdichtung nach UNI EN 13286-2 erhaltenen Höchstwertes;
- ein mit den Verfahren nach DIN 18134 erhaltener **Verformungsmodul E_{v2}** nicht unter 180 MN/m² und ein **Verhältnis E_{v2}/E_{v1}** unter 2,15.

D – PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften und des fachgerechten Einbaus der Gesteinskörnung für ungebundene Tragschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen, am beim Einbau entnommenen Gemisch als auch Feldversuche an der fertigen Schicht durchzuführen. Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Eignung der Gesteinskörnung nach Absatz A wird vor Beginn der Arbeiten und bei jeder Änderung des Gewinnungsstandortes der Stoffe durchgeführt. Alle 2 Monate hat der Auftragnehmer dem Bauleiter die Unterlagen zur werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers zu übermitteln. Im selben Zeitabstand kann der Bauleiter die Wiederholung der Eignungsprüfungen verlangen.

Im Zuge der Eignungsprüfungen ist die Korngrößenverteilung des Gesteinskörnungsgemischs täglich an auf der Baustelle, unmittelbar nach der Verdichtung entnommenen Probekörpern des Gemischs, zu prüfen. Bezogen auf die bei der Qualifizierung vorgegebenen Werte, sind bei der Korngrößenverteilung Abweichungen bei den einzelnen Korngruppen von $\pm 5\%$ beim Grobkorn und von $\pm 2\%$ beim Feinkorn zulässig. Von den im vorgegebenen Sieblinienbereich enthaltenen Grenzwerten darf nicht abgewichen werden. Der Sandäquivalent-Wert ist mindestens alle 3 Arbeitstage zu prüfen.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der modifizierten Proctor-Verdichtung (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 gemessen. Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:
Abzug in % = $2(s - 2)^2$

wo s die Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d,opt}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{d,opt} - \gamma_d) / 0,98 \gamma_{d,opt}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 95% vom, im Labor am mit der modifizierten Proctor (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird vor dem Einbau der darüber liegenden Straßendecken nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 180 MN/m² nicht unterschreiten; das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muß kleiner als 2,15 sein. Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit unter dem Sollwert festgestellt, wird auf dem gesamten Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(180 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Meßwerte für den Verformungsmodul E_{v2} unter 100 MN/m² oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der eingebauten Gesteinskörnung wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Das fertige Planum muß genau nach Zeichnung profiliert werden; in fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in zueinander rechtwinkligen Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig.

Das Planum wird mit topographischen Verfahren überprüft; die Meßpunkte werden in Längsrichtung im Abstand von höchstens 20 m in Straßenabschnitten mit konstant gekrümmtem Achsverlauf und von 5 m bei un stetig gekrümmten Verlauf gemessen. An den Meßpunkten für die Höhenlage ist auch das Querprofil mit je zwei Punkten auf beiden Seiten der Straßenachse aufzumessen.

Die mittlere Schichtdicke muß dem Sollwert entsprechen; Abweichungen von bis zu 5% können zugelassen werden, sofern sie nur vereinzelt auftreten.

Tabelle D.1

Materialprüfungen und Überwachung der Anforderungen			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Körnung natürlich oder recykliert	Aufbereitungsanlage	Baubeginn, dann halbjährlich	Bezug Tabelle A.1
Körnung recykliert	Aufbereitungsanlage	Baubeginn, dann halbjährlich	Bezug Tabelle A.2
Gemisch	Fertige Schicht	Täglich oder jede 1.000 m ³ Einbau	Bezug Tabelle A.3 und A.4
Planum	Fertige Schicht	Alle 20 m bzw. jede 5 m	Planum nach Zeichnung
Fertige Schicht (Trockendichte)	Fertige Schicht	Täglich oder jede 5.000 m ³ Einbau	98% des Bezugswert gemäß Mischgutansatz
Fertige Schicht (Tragfähigkeit-Verformungsmodul)	Fertige Schicht oder Straßendecke	Jede 1.000 m ² Einbaubahn	$E_{v2} \geq 180 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für alle weiteren Dokumente, welche den Straßenbau in Südtirol regeln. Dies gilt in analoger Weise auch für das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ aus dem Jahre 2015.

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen.

Es war daher zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erarbeiten, welche vom technischen Landesbeirat am 18.05.2017 mit positivem Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) genehmigt worden sind. Im Zweifels- bzw. Konfliktfalle überwiegen die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über alle anderen Dokumente und Richtlinien des Landes zu diesem Thema, da sie spezifischer und rezenter sind.

Artikel 5 MIT ZEMENT GEBUNDENE TRAGSCHICHTEN

Die gebundene Tragschicht besteht aus einem Gemisch aus Mineralstoffen (Gesteinskörnung) und rezyklierten Aggregaten denen Zement als hydraulisches Bindemittel beigegeben wird. Das Gemisch muss nach einer angemessenen Abbindezeit eine dauerhafte mechanische Festigkeit aufweisen, welche weder durch Wasserandrang noch durch Frost beeinträchtigt wird.

A – BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1 Gesteinskörnung

1.1 Natürliche Gesteinskörnungen

Die Gesteinskörnungen bilden gänzlich oder in Teilen die festen Bestandteile der gebundenen Tragschicht. Sie bestehen aus einem Gemenge von groben und feinen Komponenten aus der Verarbeitung von natürlichen Materialien wie Stein, gerundete und scharfkantige Aggregate/Körnungen). Die verwendeten Gesteinskörnungen sind gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE - Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein. Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 1 nach UNI EN 13242 bezeichnet.

Das Korngemisch darf aus der Kombination verschiedener Kornklassen oder einer Klasse mit einheitlicher Fraktion erhalten werden, sofern die Anforderungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1		NATÜRLICHE GESTEINSKÖRNUNG			
Kenngrößen	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Siebdurchgang bei 0,063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Methylenblau	UNI EN 933-9	MB	-	≤10	MB ₁₀
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	CNR 34/UNI EN 1097-2	SZ	%	≤32	SZ ₃₂
Magnesiumsulfat	UNI EN 1367-2	MS	%	≤25	MS ₂₅
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	N.P.	
Gehalt an organischen Stoffen	UNI EN 1744-1 15.1		%	abwesend	
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3		%	abwesend	
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321		%	≤0,1	
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Schwellwert			%	Keiner	

⁽¹⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Kornfraktionen bestimmt

Ist die Gesteinskörnung der Einwirkung von Frost- und Tauwechsel ausgesetzt, dürfen keine Schichtsilikate und insbesondere Kaolinite, Chlorite, Vermikulite, Glimmer oder durch Verwitterung entstandenes Eisenoxydhydrat enthalten sein. Der Bauleiter stellt die Einhaltung der in den Tabelle A.1 gestellten Anforderungen anhand der EG-Konformitätserklärung und Leistungserklärung (DoP) für die Baustoffe und die Eintragungen der CE-Kennzeichnung und der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der EG-Konformitätserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

1.2 Rezyklierte Gesteinskörnungen

Für die mit Zement gebundenen Bodenschichten können rezyklierte Materialien als Ergänzung oder als Alternative zu den natürlichen Gesteinskörnungen zu 100% verwendet werden, die bei Abbrucharbeiten oder als Rückstände von industriellen Verarbeitungsprozessen unter Beachtung der geltenden nationalen Bestimmungen gewonnenen werden und sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle A.2 erfüllen.

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Die Aufbereitungsanlagen für Rezyklingmaterial müssen gewährleisten, dass das zu rezyklierende Material ausschließlich vom Ort der Gewinnung bzw. des Abbruches stammt, und es ist strengstens verboten das Material aus einer Deponie jeglichen Typs zu beziehen.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Tabelle A.2		REZYKLIERTE KÖRNUNGEN		
<i>Kenngrößen</i>	<i>Normen</i>	<i>Anforderungen</i>	<i>Proben Frequenz</i>	
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/31,5 mm		
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	MB ₂	1.000 m ³	
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	SE ₅₀	1.000 m ³	
Widerstand gegen Zertrümmerung	CNR 34/UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³	
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1.000 m ³	
Anteil an säurelöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	AS _{0,8}	1.000 m ³	
Schwefelgehalt	UNI EN 1744-1	S ₁	1.000 m ³	
Komponenten die das Abbindeverhalten verändern	UNI EN 1744-1	abwesend	1.000 m ³	
Komponenten welche die Stabilität des Rezyklingsvolumens verändern	UNI EN 1744-1	V ₅	1.000 m ³	
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP≤10	1.000 m ³	
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	1.000 m ³	
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	Rcu ₉₀	1.000 m ³	
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	Rg5-	1.000 m ³	
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	Ra30-	1.000 m ³	
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₅	1.000 m ³	
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nichtschwimmendes steiniges Materialien	UNI EN 933-11	X ₁	1.000 m ³	
⁽¹⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Körnungsgruppen bestimmt				

1.3 Rezykliertes bituminöses Mischgut (Fräsgut)

Unter rezykliertem Mischgut wird das mittels traditionellen Systemen aus zerkleinerten Platten oder Blöcken von bituminösem Mischgut, oder dessen maschinelle Zerkleinerung vor Ort ohne Hitzeeinwirkung gewonnene Material, verstanden.

Das zu verarbeitende Material muss vorab auf die Konformität mit der Norm UNI EN 13108-8 überprüft sein.

Vor der Verwendung muss das Material gesiebt werden um mögliche Verunreinigungen wie Klumpen, Krusten, usw. mit Abmessungen größer als D_{max} der Mischung zu beseitigen.

Der Anteil in Gewichtsprozent des rezyklierten bituminösen Mischgutes darf zusammen mit den Anteilen, die eventuell im vorher beschriebenen Rezyklingsmaterial mit enthalten sind, bezogen auf das gesamte Aggregatgemisch, maximal 30% betragen. In speziellen Ausnahmefällen und mit Einverständnis der Bauleitung können auch bis zu maximal 40% beigefügt werden.

Der Prozentanteil des zu verwendenden Mischgutes, das aus jeglicher Herkunft stammen kann, muss zwingend in der verpflichtenden Vorstudie für die Mischung angegeben und der Bauleitung präsentiert werden.

2 Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 197-1 und/oder UNI EN 197-4, UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein.

Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme zu verwenden.

3 Wasser

Das Wasser darf keine schädliche Verunreinigungen, Öle, Säuren, Laugen, organische Stoffe, Verschmutzung durch Ton oder Schluff sowie sonstige schädliche Stoffe enthalten. In Zweifelsfällen wird der Bauleiter die Eignung des Wassers nach UNI EN 1008 prüfen lassen.

Der Wassergehalt des Gemischs wird aufgrund einer Voruntersuchung im Labor wie vorgesehen gemäß UNI EN 13286-2 (Test methods for the determination of the laboratory reference density and water content – Proctor compaction) festgelegt.

4 Zusatzstoffe

Betonzusatzstoffe sind fein gemahlene anorganische Stoffe, die dem Beton beigegeben werden, um Eigenschaften gezielt zu verbessern oder zu erreichen.

Die Beigabe von **Flugasche** nach UNI EN 450 ist sowohl zur Ergänzung des Feinkorns als auch als Zementersatz zulässig. Der Gewichtsanteil der als Zementersatz beizugebenden Flugasche wird zur Gewährleistung gleichbleibender mechanischer Eigenschaften anhand von Laborversuchen im Verlauf der Untersuchungen zur Festlegung des Gemischs festgelegt; ein Anteil von mehr als 40% am Zementgewicht ist unzulässig.

Die Zugabe von **Kalziumhydroxid** verbessert die Verarbeitbarkeit und die Eigenschaften der Mischung. Daher ist eine Beigabe von bis zu 2% im Gewichtsanteil der feuchten Mischung zu empfehlen.

5 Mischgut

Die Korngrößenverteilung des für die Herstellung gebundener Bodenschichten zu verwendenden Mineralstoffgemischs (Gesteinkörnungsgemisch) muss innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.3 liegen.

Tabelle A.3		GEBUNDENE TRAGSCHICHT
Körnungsverteilung		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Sieb	40	100
Sieb	31,5	90 – 100
Sieb	22,4	81 – 88
Sieb	16	60 – 80
Sieb	11,2	49 – 70
Sieb	8	40 – 55
Sieb	5,6	31 – 46
Sieb	4	26 – 40
Sieb	2	17 – 30
Sieb	1	12 – 22
Sieb	0,5	6 – 15
Sieb	0,25	4 – 10
Sieb	0,125	2 – 6
Sieb	0,063	2 – 5

Der Zementgehalt der beigegebenen Flugasche und der Wassergehalt des Mischguts werden als Gewichtsanteile in % des Gesamtgewichts angegeben. Die Anteile werden anhand einer Untersuchung mit Verfahren und Versuchen gemäß UNI EN 14277-1 festgelegt. Abweichend kann die Festigkeit der Stoffe durch die im offizielle Mitteilungsblatt CNR N. 29 beschriebenen Verfahren festgestellt werden.

Die geeigneten Mischungen müssen die Anforderungen gemäß Tabelle A.4 erfüllen.

Tabelle A.4	Zementgebundenes Mischgranulat				
	Prüfmethode	Symbol	Maßeinheit	Sollwert	Widerstandsklassen
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Indirekte Zugfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Steifigkeitsmodul nach 28 Tagen – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	3,0 – 8,0	Kategorie T2 – T4

(*) Prüfkörper mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellt

In Sonderfällen kann der Bauleiter Druckfestigkeitswerte bis zu 7.5 N/mm² zulassen.

Können die hydraulisch gebundenen Bodenschichten aufgrund örtlicher Begebenheiten der Einwirkung von Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt sein, kann die Bauleitung verlangen, daß das Gemisch den Anforderungen nach Norm SN 640 59a entspricht.

B – GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten geeignete Unterlagen als Beleg für die Eignung des von ihm vorgeschlagenen Mischgutansatzes vorlegen. Die Unterlagen müssen zumindest folgende Angaben enthalten:

- EG-Konformitätserklärung für die verwendeten Korngruppen der Gesteinskörnung;
- Prüfbescheide für die weiteren Anforderungen nach Tabellen A.1 und A.2;
- Korngrößenverteilung des vorgeschlagenen Gesteinkörnungsgemisch;
- Zusammensetzung der Mischgutansätze (Wasser, Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel, Zusatzstoffe);
- Prüfergebnisse für die mechanischen Eigenschaften;

Der Bauleiter kann zusätzlich den Nachweis für die in den EG-Konformitätserklärungen angegebenen Eigenschaften durch im letzten Jahr an einer amtlichen o genehmigten Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 ausgestellten Prüfbescheide verlangen.

Der Mischgutansatz des vom Auftragnehmer eingebauten Mischguts muss genau der vom Bauleiter genehmigten Zusammensetzung entsprechen.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter die Bezugsquelle, den Standort und die Bedingungen der Lagerung (mit Angabe der vorgesehenen Schutzvorkehrungen gegen anfallendes Wasser und Verschmutzung), die geplanten Verarbeitungsverfahren sowie Art und Leistungsfähigkeit der zu verwendenden Einrichtungen mitzuteilen.

Die für die Genehmigung des Mischgutansatzes vorgelegten Unterlagen sind bei Änderung des Gewinnungsstandortes oder der petrographischen Zusammensetzung der Gesteinskörnung erneut beizubringen. Alle 2 Monate hat der Unternehmer dem Bauleiter die Unterlagen über die werkseigene Produktionskontrolle für die verwendeten Kornstufen der Gesteinskörnung zu übermitteln. In denselben Zeitabständen kann der Bauleiter die Wiederholung der an einer amtlichen o genehmigten Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 durchgeführten Prüfungen verlangen.

C – AUFBEREITUNG DES GEMISCHES

Das Mischgut für mit Zement gebundene Tragschichten muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Das Lager für die Gesteinkörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm, Ton oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinkörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der

Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen. Zemente unterschiedlicher Art, Festigkeitsklasse oder Herstellung dürfen nicht gemischt werden. Der Zement und die Zusatzstoffe oder –mittel müssen entsprechend gegen Niederschlag oder Verschmutzung geschützt werden.

Der Herstellungsprozess muss konform mit dem Anhang B der Normen UNI EN 14227-1 (Miscela legata con cemento per fondi e sottofondi stradali) und UNI EN 14227-5 (Miscela legata con legante idraulico per strade) sein.

D – VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Das Mischgut darf auf die fertige Unterlage erst eingebracht werden, nachdem die Bauleitung dessen Übereinstimmung mit den gestellten Anforderungen geprüft hat. Vorhandene Vertiefungen, Wellen oder Spurrinnen in der Unterlage müssen vor dem Einbau ausgebessert werden. Vor dem Einbau muss der Feuchtigkeitsgrad der Unterlage überprüft werden; bei Bedarf ist die Oberfläche zu befeuchten, wobei jedoch die Aufweichung oder Schlamm Bildung zu vermeiden sind.

E – EINBAU DES MISCHGUTS

Das Mischgut darf auf die fertige Unterlage erst aufgebracht werden, nachdem der Bauleiter dessen Übereinstimmung mit den gestellten Anforderungen geprüft hat. Vorhandene Vertiefungen, Wellen oder Spurrinnen in der Unterlage müssen vor dem Einbau ausgebessert werden. Vor dem Einbau ist der Feuchtigkeitsgrad der Unterlage zu überprüfen; bei Bedarf ist die Oberfläche zu befeuchten, wobei jedoch die Aufweichung oder Schlamm Bildung zu vermeiden sind.

Zum Einbau sind Straßenfertiger einzusetzen. Die Verdichtung muss spätestens 60 min nach dem Zeitpunkt der Wasserbeigabe zum Gemisch einsetzen. Das Gemisch muss in Lagen mit einer Dicke von nicht größer als 30 cm ausgebracht werden.

Die für die Verdichtung der gebundenen Bodenschichten angewendeten Verfahren und eingesetzten Geräte sind so zu wählen, daß Verdichtungsgrad und Eigenschaften den gestellten Anforderungen entsprechen. Das Mischgut darf nicht bei Temperaturen unter 5°C und keinesfalls bei Regen eingebaut werden.

Wenn die Witterungsbedingungen (Temperatur, Sonnenbestrahlung, Wind) eine starke Entfeuchtung herbeiführen können, ist das Gemisch sowohl bei der Anlieferung als auch während des Einbaus ausreichend zu schützen.

Zur Gewährleistung eines einwandfreien Verbunds dürfen grundsätzlich höchstens zwei Stunden zwischen dem Einbau nebeneinander liegender Bahnen verstreichen.

Besondere Maßnahmen sind bei der Ausbildung der durch Kunststoffolien oder ähnlichen Stoffen zu schützenden Längsnähte zu treffen. Die Stirnseiten der hydraulisch gebundenen Schichten sind einzuschalen; die Schalung ist beim Einbau der angrenzenden Bahn zu beseitigen. Soll die Schalungen nicht verwendet werden, ist vor dem Einbau der angrenzenden Schicht der Rand gerade zu beschneiden und eine einwandfrei senkrechte Stirnfläche auszubilden. Nähte dürfen ausschließlich entlang der Arbeitsfugen ausgebildet werden.

F – OBERFLÄCHENSCHUTZ FÜR DIE EINGEBAUTEN SCHICHTEN

Unverzüglich nach der Verdichtung und der Nachbehandlung der eingebauten Schicht muss die Oberfläche, je nach erwarteter Intensität und Dauer des Verkehrsaufkommens auf der Baustelle, mit 1,5 kg/m² einer 55%igen sauren Bitumenemulsion beschichtet und mit Sand bestreut werden.

Der Oberfläche muss zumindest während der ersten 72 Stunden der Abbindezeit geschützt werden; zugleich ist das hydraulisch gebundene Bodengemisch auch gegen Frost zu schützen.

Die hydraulisch gebundene Bodenschicht darf am dritten Tag nach dem Einbau ausschließlich durch Gummi bereifte Baufahrzeuge befahren werden. Eine vorzeitige Befahrung ist nur zulässig, wenn die hierzu erforderlich Festigkeit des Gemischs belegbar erreicht wurde.

Mangelhafte sowie durch Witterung oder sonstige Faktoren beeinträchtigte Schichten müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

G – PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften und des fachgerechten Einbaus des Mischgutes für hydraulisch gebundene Tragschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen, am nicht abgebundenen, beim Einbau entnommenen Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle G.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Probekörper des nicht abgebundenen, hydraulisch gebundenen Bodengemischs werden in Anwesenheit des Bauleiters und des Unternehmers beim Einbau entnommen. An den Probekörpern werden der Zementgehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung geprüft; die erhaltenen Meßwerte müssen den, vor Beginn der Arbeiten erklärten Sollwerten entsprechen.

An den fertigen hydraulisch gebundenen Bodenschichten werden die Dicke, die Lagerungsdichte und die Tragfähigkeit gemessen.

Die **Schichtdicke** wird für jeden homogenen Einbauabschnitt ermittelt; der Meßwert ergibt sich als Mittel aus den vier, an allen in der Tragschicht entnommenen Bohrkernen ermittelten Meßergebnissen, wobei alle Werte, die den Sollwert um 5% übersteigen, mit dem 1,05-fachen Wert des Sollwerts anzusetzen sind.

Für unter dem Sollwert liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,1 s^2$$

wo s die Abweichung in % vom Sollwert ist.

Ist die Abweichung größer als 20, beziehungsweise liegt der Meßwert um mehr als 20% unter dem Sollwert, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Nach der Verdichtung darf die **Lagerungsdichte** nach DIN 18125 von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, im Labor ermittelten Bezugswert der Standard Proctordichte nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127, für das vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagene Gemisch laut Mischgutansatz, nicht um mehr als 98% unterschreiten.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Lagerungsdichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d \text{ opt}}$ ist:

$$s = 100 (0,98\gamma_{d \text{ opt}} - \gamma_d) / 0,98\gamma_{d \text{ opt}}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 95% vom Bezugswert ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden. Der Verformungsmodul E_{v1} darf innerhalb von 24 Stunden ab Einbau den Wert 160 MN/m^2 und innerhalb von 3 Tagen ab Einbau den Wert von 200 MN/m^2 nicht unterschreiten.

Wird festgestellt, daß innerhalb von 24 Stunden die Tragfähigkeit den Sollwert von $E_{v2} \geq 180 \text{ MN/m}^2$ erreicht hat, kann von weiteren Prüfungen nach 3 Tagen abgesehen werden.

Bei mittleren Werten des, mittels Plattendruckversuch innerhalb von 3 Tagen nach dem Einbau ermittelten Verformungsmoduls E_{v2} unter 200 MN/m^2 wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [p/2,5]^2$$

wo p die Differenz zwischen dem nach 3 Tagen gemessenen E_{v2} und dem Sollwert 200 MN/m^2 ist.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig

eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die gebundenen Bodenschichten werden aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Liegen die Meßwerte für den Verformungsmodul E_{v2} nach 3 Tagen unter 160 MN/m^2 oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der Bauleiter kann, sofern er es als notwendig ansieht, weitere Kontrollmessungen mittels Falling-Weight-Deflectometer – FWD veranlassen. Von den Werten des **Elastizitätsmodul**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung gemessen werden, darf das 85% Perzentil den Wert von 12,0 GPa nicht überschreiten. Von den selben Werten darf das 15% Perzentil 4,0 GPa nicht unterschreiten. Für Werte des Elastizitätsmodul, die das 85% Perzentil von 12,0 GPa überschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) ein Abzug von 10%.

Für Werte des Elastizitätsmodul, die das 15% Perzentil von 4,0 GPa unterschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) eine Kürzung von:

Abzug in % = 5 (s + s²)

Wo s die Abweichung zwischen 4 GPa und dem Wert des 15% vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen des gelieferten Mischgutes von dem anhand der Eignungsprüfung vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die Überlagerung der festgestellten Mängel nicht die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche beeinträchtigt.

Tabelle G.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Natürliche Gesteinskörnung	Aufbereitungsanlage	Wöchentlich oder je 2.500 m ³ Einbau	Tabelle A.1
Rezyklierte Körnung	Aufbereitungsanlage	Tabelle A.2	Tabelle A.2
Wasser	Aufbereitungsanlage	Bei Arbeitsbeginn	Kapitel A
Zement	Aufbereitungsanlage	Bei Arbeitsbeginn	Kapitel A
Zusatzmittel, Zusatzstoffe	Aufbereitungsanlage	Bei Arbeitsbeginn	Kapitel A
Nicht abgebundene mit Zement gebundene Tragschicht	Deckenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Projektsieblinie; Zementgehalt, Rc, Rt
Bohrkerne für Schichtdöcke	Oberbauschicht	Je 100 m Einbaubahn	Solldicke
Fertige Schicht (Lagerungsdichte)	Fertige Schicht	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	98% des Wertes aus der Eignungsprüfung
Fertige Schicht (Tragfähigkeit) 3 Tage nach dem Einbau	Fertige Schicht oder Oberbauschicht	Je 100 m Einbaubahn	$E_{v1} \geq 200 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ sind am 17. November 2006 in Kraft getreten und dienen als Referenz für alle weiteren Dokumente, welche den Straßenbau in Südtirol regeln. Dies gilt in analoger Weise auch für das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ aus dem Jahre 2015.

Im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, hat die Landesregierung mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen.

Es war daher zweckmäßig, neue, dem Stand der Kenntnisse und der Technik entsprechende „Technische Richtlinien für den Straßenunterbau“, zu erarbeiten, welche vom technischen Landesbeirat am 18.05.2017 mit positivem Gutachten Nr. 12 (Akt Nr. 8-294) genehmigt worden sind. Im Zweifels- bzw. Konfliktfalle überwiegen die obgenannten „Technischen Richtlinien für den Straßenunterbau“ über alle anderen Dokumente und Richtlinien des Landes zu diesem Thema, da sie spezifischer und rezenter sind.

Artikel 6

MIT ZEMENT UND BITUMENEMULSION STABILISIERTE MISCHUNGEN

Die mit Zement und Schaumbitumen oder Bitumenemulsion stabilisierten Mischungen, bestehen aus einem Mineralstoffgemisch in Erstanwendung, aus Rezyklingmaterial aus dem alten Straßenkörper mit variablem Anteil an Fräsmaterial (bis zu 100%). Diese Mischungen finden sowohl im Straßenbau als auch bei der Instandhaltung von Straßen und Flugplätzen ihre Anwendung.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Gesteinskörnung

Die Gesteinskörnung besteht aus auf den Baustellen im Kaltverfahren durch Fräsen der Straßendecke und eines Teils der Tragschicht (ungebunden oder hydraulisch gebunden), Tout Venant gewonnenem Mischgut, das bei Bedarf mit Material in Erstanwendung vermischt wird. Wenn in der Tragschicht Bestandteile mit plastischem Verhalten (Schluff, Ton mit $I_p > 0$) enthalten sind, sind diese zu beseitigen und mit geeigneten Stoffen zu ersetzen beziehungsweise mit Kalk zu verbessern. Das rezyklierte bituminöse Mischgut (Fräsgut) muss, sofern die Verarbeitung vor Ort mittels stationärer oder mobiler Verarbeitungseinrichtung erfolgt, vor der Verwendung gesiebt werden, um mögliche Verunreinigungen wie Klumpen, Krusten, usw. mit Abmessungen größer als 31,5 mm zu beseitigen. Diese Vorbehandlung ist bei der vor Ort Verarbeitung mittels Pulvimixer nicht erforderlich. Die Granulometrie der Gesteinskörnungen, inklusive des Fräsgutes, muss anhand des ausgesiebten bzw. nach einer Behandlung mit dem Pluvimixer erhaltenen Baustellenmaterials, im Nassverfahren bestimmt werden.

Wenn die Korngrößenverteilung der besagten Gesteinskörnung nicht innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.1 liegt, kann die Bauleitung die Verfestigung durch Beigabe von natürlichen Gesteinskörnungen verlangen, dessen Korngröße und Eigenschaften es gestatten, ein Gemisch mit einwandfreier Korngrößenverteilung bereitzustellen.

Tabelle A.1

Siebreihe ISO		Durchgang
	mm	%
Sieb	40	100
Sieb	31,5	80-100
Sieb	16	58-92
Sieb	8	42-76
Sieb	4	30-56
Sieb	2	18-40
Sieb	0,5	9-25
Sieb	0,063	3-8

Die Gesteinskörnungen bestehen aus einem Gemenge von Komponenten aus der Verarbeitung von natürlichen Materialien wie Stein, gerundete und scharfkantige Aggregate/Körnungen). Die verwendeten Gesteinskörnungen sind gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE - Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen und die Prüfungen müssen mit dem Dekret des Ministeriums für Infrastruktur und Transporte vom 16. November 2009 konform sein.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und verschiedene petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 und A.3 erfüllt werden.

Tabelle A.2

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Kenngrößen</i>	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0,063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

Tabelle A.3

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Kenngrößen</i>	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantität des Bruchgutes			%	100	-
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤ 25	-

Der Bauleiter muss, aufgrund der in den EG-Konformitätserklärungen für die Gesteinskörnungen enthaltenen Kennwerte für das laufende Jahr, die Erfüllung der Anforderungen gemäß Tabelle A.2 und Tabelle A.3 überprüfen. Die Dokumentationen, inklusive CE- Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP), sind der Bauleitung mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der EG-Konformitätserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Bitumenemulsion

Das bituminöse Bindemittel wird in Form von Bitumenemulsion beigesetzt. Die Emulsion muss geeignet sein, d.h. aus Bitumen aus destillativer Fraktionierung bestehen und überstabilisiert sein (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C60 B10), sowie den Anforderungen in Tabelle A.4 entsprechen.

Tabelle A.4					
BITUMENEMULSION C 60 B10					
<i>Kenngrößen</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Bitumengehalt (Bitumen+Fluxant)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Homogenität	UNI EN 1429	-	%	≤ 0,2	
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (Säurewert)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Mischung mit hydraulischem Bindemittel	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Rückstandsbindemittel nach Abdestillation	UNI EN 1431				
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	P	0,1mm	50 - 100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	T	°C	35 - 56	8
Brechpunkt (Fraaß)	UNI EN12593	T	°C	≤ -8	

Der Bauleiter wird, aufgrund der in den EG- Konformitätserklärungen für die Bitumenemulsion enthaltenen Kennwerte für das laufende Jahr, die Erfüllung der Anforderungen gemäß Tabelle A.4 überprüfen. Die Dokumentationen, inklusive CE- Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP), sind der Bauleitung mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

3) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein.

Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme zu verwenden.

4) Wasser

Das Wasser darf keine schädlichen Verunreinigungen enthalten und muss konform mit der Norm UNI EN 1008 sein.

B) MISCHGUTANSATZ

Der optimale Gehalt an Zement, Wasser und Emulsion und möglicherweise die Beigabe von Mineralstoffen wird mit eigenen Laborversuchen ermittelt.

Zur genauen Erkundung der tatsächlichen Verhältnisse, müssen in dem, von den Arbeiten betroffenen Straßenabschnitt alle 500 m, und bei ungleichmäßiger Beschaffenheit in geringeren Abständen, Probekörper entnommen werden. Für den Fall, dass die Vermischung mittels Pulvimixer erfolgt, müssen die Proben der Gesteinskörnungen für die Studie der Mischung auf der Baustelle entnommen werden, und zwar sofort nachdem der Pulvimixer einen Durchgang vollzogen hat und bevor die Bindemittel ausgebracht werden.

An den entnommenen Probekörpern sind die Korngrößenverteilung nach UNI EN 933-1 und der Plastizitätsbeiwert nach UNI CEN ISO/TS 17892-12 zu prüfen, um die Zweckmäßigkeit einer Verbesserung mit Kalk oder Bodenverbesserung mit Mineralstoffen festzustellen.

Bevor die geeignete Kombination der Bindemittel definiert wird müssen der optimale Wassergehalt mit dem Standard Proctorversuch nach UNI EN 12697-31, die Prüfmethode für heiß bituminöse Konglomerate sowie die Probenerstellung mittels Gyratorpresse festgelegt werden:

Typ des Stanzeisens:	NICHT drainiert
Umdrehungswinkel:	1.25° ± 0.02°
Umdrehungsgeschwindigkeit:	30 Umdrehungen/min
Durchmesser des Probekörpers in mm:	150

Anzahl Umdrehungen: 100
Gewicht des Probekörpers: 2800 g einschließlich Emulsion, Zement und Wasser.

Für den Fall, dass die größeren Elemente die Herstellung der Probekörper behindern muss die Kornfraktion größer 20 mm eliminiert werden.

Tabella B.1

Zement [%]	2,0					
Bitumenemulsion [%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Proben [n°]	3	3	3	3	3	3

Jeder Probekörper muss vor und nach der Verfestigung gewogen werden, um den Prozentanteil von (möglichem) Austrittswasser zu ermitteln.

Die so erhaltenen Probekörper müssen im Trockenschrank bei 40°C bis zur Massenkonstanz getrocknet werden, um die Dichte (UNI EN 12697-6/Prozedur D) zu ermitteln.

Der optimale Wassergehalt ist jener, welcher es erlaubt, den höchsten Dichtewert der (trockenen) Mischung bei einem Wasserausstoß während der Kompaktion von unter 0,5% zu erhalten.

Mit der gleichen Vorgangsweise bei der Kompaktion und dem gleichen optimalen Wassergehalt, müssen Probekörper mit unterschiedlichem Gehalt an Zement und Bitumenemulsion hergestellt werden, so wie in Tabelle B.2 beschrieben.

Tabella B.2

Wasser [%]	Optimaler Gehalt								
Zement [%]	1,5			2,0			2,5		
Bitumenemulsion [%]	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5
Proben [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Bei der Berechnung des optimalen Wassergehaltes der Mischung muss auch das in der Emulsion enthaltene Wasser mit berücksichtigt werden.

Ausgehend von den vorgegebenen Zementanteilen, können die anderen Anteile in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und der Korngrößenverteilung des wiederzuverwertenden Gemischs schwanken.

Die Probekörper werden nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40 °C im Ofen während 4 h bei 25°C gelagert und einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 12697-23) unterzogen. Diese Probekörper müssen eine diametrale Zugfestigkeit von $IST > 0,35 \text{ MPa}$ aufweisen.

Nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40°C müssen die Probekörper, welche die Anforderungen der Spaltzugfestigkeit erfüllen, folgende Kennwerte aufweisen:

- Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) – (Horizontalverschiebung $5 \pm 0,2 \mu\text{m}$)
- Festigkeitsverlust nach Imbibition bei 25°C, für eine Stunde unter 50 mm Quecksilber - Vakuum
- Festigkeitsverlust nach Wassersättigung (für den Zeitraum bis zum Erreichen der Massenkonstanz) und 15 Frost-Tau Zyklen (-20°C/+20°C).

Die für das Projekt optimale Mischung ist jene, welche bei einer Temperatur von 20°C den kleinsten Steifheitsmodul über 3000 MPa und eine Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung von über 70% des Ausgangswertes ohne Wasserlagerung besitzt. Sowie einer Spaltzugfestigkeit und einer Druckfestigkeit nach Frost-Tau Belastung größer als 50% der unbehandelten Probekörpern.

An der optimalen Mischung muss die Dichte an 100 Umdrehungen mit der Gyrotorpresse gemessen werden, welche als Referenzwert für die Dichte vor Ort gilt.

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten und für jede Aufbereitungsanlage den Mischgutansatz, den er zu verwenden beabsichtigt, vorschlagen. Für jedes vorgeschlagene Gemisch sind die durchgeführten Untersuchungen ausführlich zu belegen.

Für die Korngrößenverteilung des Mischgutes sind, gegenüber jener des vom Bauleiter genehmigten Mischgutansatzes, für die rezyklierten Gesteinskörnung Abweichungen von höchstens $\pm 10\%$ und für die beigegebene Gesteinskörnungen von höchstens $\pm 5\%$ zulässig. Beim Gehalt an beigegebenem Schaumbitumen bzw. Bitumenemulsion, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts, sind Abweichungen von höchstens $\pm 0,25\%$ zulässig.

Die Sollwerte gelten sowohl für die beim Einbau entnommenen Probekörper als auch für die von den fertigen Tragschichten entnommenen Bohrkern.

C) AUFBEREITUNG UND EINBAU DES GEMISCHS

Die Stabilisierung mittels Zement und Bitumenemulsion erfolgt durch Einsatz eines Wiederaufbereitungszugs, mit Asphaltfräse, Stabilisiergerät mit Mischraum um die Klumpen der Fräsgutes zu zerkleinern und eine homogene Vermischung mit Zement und Emulsion zu gewährleisten, Tankwagen für das bituminöse Bindemittel, Tankwagen mit Wasser, Nivelliermaschine und mindestens 2 Walzen.

Die Schicht ist unverzüglich nach dem Einbau zu nivellieren und zu verdichten; hierzu sind eine ≥ 18 t schwere Rüttelwalze mit einstellbaren Rüttelfrequenz und Rüttelstärke und eine Gummiradwalze mit einem statischen Gewicht von ≥ 25 t einzusetzen.

Durch das Verdichtungsverfahren muss die vorgeschriebene Dichte erreicht werden. Das Gemisch ist mit geeigneten Verfahren einzubauen und zu verdichten, damit eine gleichmäßige, genau profilierte Schicht ohne Kiesnestern, Rissen oder Ablösungen entsteht.

Statt des fahrbaren Aufbereitungszugs, kann für die Aufbereitung des Mischguts eine verstellbare, auf der Baustelle aufzustellende Aufbereitungsanlage eingesetzt werden. Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen. In diesem Fall erfolgt der Einbau mittels Gleitfertiger, welcher die Verdichtung gleich wie der Wiederaufbereitungszug durchführt.

Die Stabilisierung muss bei Lufttemperaturen unter 10°C und unter allen Umständen bei widrigen Witterungsbedingungen, welche das einwandfreie Gelingen der Arbeiten behindern, unterbrochen werden. Nach Beendigung des Walzvorganges muss die Schicht, in Abstimmung mit den Erfordernissen der Baustelle, für mehrere Tage reifen und abtrocknen, bevor sie überdeckt wird. Falls Regenfälle angekündigt sind muss die Schicht hingegen sofort geschützt werden. In beiden Fällen wird Emulsion mit langsamem Bruch, eventuell auch die gleiche Emulsion wie für die erstellte Mischung, verwendet. Die Dosierung der Emulsion beträgt etwa $1,5 \text{ kg/m}^2$ und im Anschluss erfolgt darauf das Ausbringen von Split oder Sand.

D) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle der mit Bitumenemulsion und Zement stabilisierten Schichten sind Laborprüfungen an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen und Feldversuche durchzuführen. Das Intervall der Probenentnahme ist allgemein alle 5000 m^2 realisierter, behandelte Oberfläche. Der Bauleiter bestimmt den Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen je nach Erfordernissen der Baustelle. Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft. Die Korngrößenverteilung des Korngemisches muss an vor der Zugabe von Bindemitteln entnommenen Proben, an der Aufbereitungsanlage oder vor Ort nach einmaligem Durchgang mit dem Wiederaufbereitungszug (Pulvimixer), erfolgen. Am Mischgut werden der Gehalt an beigegebenem Bitumen, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsgutes und der Wassergehalt festgestellt. Die mit Gyratorpresse hergestellte Probekörper werden einer Spaltzugfestigkeitsprüfung unterzogen und es wird der Steifheitsmodul bestimmt.

Nach 90 Tagen nach dem Einbau erfolgt die Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls mittels Falling Weight Deflectometer – Prüfungen (FWD) und die Entnahme von Bohrkernen zur Überprüfung der Raumgewicht und der Schichtstärken. Nach Ermessen des Bauleiters kann die Spaltzugfestigkeitsprüfung IST (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) und der Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26 Annex C) angefordert werden.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, im Labor mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellten Körpern, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert (γ_{Labor}), nicht um mehr als 95% unterschreiten. Falls möglich kann der Referenzwert aus den mittels Gyratorpresse mit 100 Umdrehungen im Labor aus den verwendeten Mischungen hergestellten Probekörpern bestimmt werden. Die Dichtemessungen an trockenen Probekörpern werden nach UNI EN 12697-6/Verfahren D durchgeführt.

Die **Spaltzugfestigkeit** nach UNI EN 12697-23 wird an 90 Tage nach Fertigstellung der Schicht entnommenen Probekörpern oder an auf der Baustelle mittels Gyratorpresse (100 Umdrehungen) hergestellten Proben und Reifung von 72 Stunden bei 40°C in einer Klimakammer und weiteren 4 Stunden bei 25°C bestimmt. Der Wert darf hier nicht unter $0,35 \text{ MPa}$ liegen.

Der **Steifheitsmodul bei 20°C** kann entweder mittels indirekter Zugprüfung (UNI EN 12697-26) mit Deformation von $5 \pm 0,2 \mu\text{m}$ auf den auf der Baustelle mit Gyrotorpresse (100 Umdrehungen) anhand der projektierte Dichte hergestellten Probekörpern, nach einer Abbindezeit von 72 Stunden bei 40°C und 28 Tagen bei 20°C in der Klimakammer oder 90 Tage nach dem Einbau entnommenen Probekörpern ermittelt werden. In 95% der untersuchten Proben darf der Wert nicht unter 3000 MPa liegen.

Bei denselben Proben mit denselben Durchmessern muss der Steifemodul bei 40° C weiters < 75 % des bei 20°C erhaltenen Wertes sein.

Der nach 90 Tagen mittels Falling-Weight-Deflectometer ermittelte **Elastizitätsmodul** darf, bezogen auf eine Temperatur von 20°C bei 95% der Proben, bzw. der untersuchten Punkte, nicht unter 3000 MPa liegen.

Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung mittels *Falling-Weight Deflectometer* – FWD gemessen werden, darf, bezogen auf eine Temperatur von 20°C, das 15. Perzentil den Wert von 3,0 GPa nicht unterschreiten. Bei Werten des Elastizitätsmoduls (15. Perzentil) zwischen 1,5 und 3,0 GPa erfolgt bei der Tragschicht eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 10s + 5s^2$$

wobei s die Abweichung zwischen 3 GPa und dem Wert des 15. Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Bei Werten des Elastizitätsmoduls unter 1,5 GPa hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Alternativ kann die Bauleitung die Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen für die entstandenen Mängel veranlassen, welche es erlauben, die Gebrauchstauglichkeit der Tragschicht nach Vorgaben des Projektes zu erreichen.

Für den Fall, dass keine FWD Untersuchungen durchgeführt werden, kann die Abnahme der Arbeiten oder eventuelle Berechnungen der Abzüge, auch mit Bezugnahme auf den an den Probekörpern durch indirekte Zugprüfung ermittelten Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) erfolgen. Hierbei müssen dieselben Kriterien wie für den Elastizitätsmodul Anwendung finden.

Integrierend zu den vorhergehenden Kontrollen können Messungen mittels leichter dynamischer Lastplatte (*dynamic plate-load test*) durchgeführt werden. Der **dynamische Modul** E_{vd} darf nach der Verfestigung in 90% der untersuchten Punkte nicht unter 70 MPa liegen. Die Messungen des dynamischen Moduls werden mit einer Referenztemperatur (25°C) korrigiert. Bei positiv abweichender Temperatur werden die Messungen pro °C um 1% nach Oben, bei negativ abweichenden Temperaturen um denselben Faktor nach Unten korrigiert. Das verwendete Gerät muss mit einem Fallgewicht von 10 kg, einer generierten Einschlagkraft von 7,07 kN und einer Impulsdauer auf einer Platte mit 300 mm Durchmesser von 18 ms versehen sein. Die Prüfungen der Deformationen werden mittels drei aufeinanderfolgenden Schlägen durchgeführt und der resultierende Mittelwert des dynamischen Moduls wird, bei bekanntem aufgebrachtem Druck, automatisch vom Gerät berechnet. Vor diesen drei Messschlägen müssen drei Schläge durchgeführt werden, um einen guten Kontakt der Platte mit dem Untergrund zu gewährleisten. Die Auflageplatte muss auf einem möglichst horizontalem, ebenen Untergrund liegen, welcher eventuell noch mittels gleichkörnigen Sands nivelliert wird. Sofern der Kontakt mit dem Untergrund nicht optimal, oder die Neigung des Untergrundes zu groß ist (über 6%), können Verschiebungen auftreten, welche die Messergebnisse verfälschen.

ALLEGATO A

DIRETTIVE TECNICHE PER IL SOTTOFONDO STRADALE

Premessa

Le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“, che costituiscono la base di riferimento per tutti i documenti che regolano la costruzione delle strade in Alto Adige, sono in vigore dal 17 novembre 2006; questo vale anche per il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato nel 2015 dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade.

Ai sensi della circolare del Ministero dell’Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per promuovere l’utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le ”Linee Guida sulla qualità e l’utilizzo dei materiali riciclati”.

Si è pertanto ritenuta opportuna l’elaborazione di queste direttive aggiornate allo stato dell’arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 con il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294).

Le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono su tutti gli altri documenti e direttive della Provincia Autonoma di Bolzano riferiti alla stessa materia, poiché più dettagliate e più aggiornate.

Articolo 1 CORPO STRADALE

Il corpo stradale, al di fuori dei tratti occupati da opere d’arte maggiori (viadotti e gallerie), si realizza attraverso movimenti di materie con l’apertura di trincee e la costruzione di rilevati.

Si distinguono, più in generale, nei movimenti di materie le seguenti lavorazioni:

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanza organica);
- gli scavi di sbancamento per l’apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- gli scavi a sezione ristretta per l’impianto di opere d’arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo);
- l’esecuzione di riempimenti o rinterri in genere;

Salvo casi speciali, dettati da particolarissime condizioni locali ed estesi a ridotte volumetrie, i movimenti di materie si eseguono con l’impiego di apparecchiature meccaniche specializzate per lo scavo, il trasporto, la stesa ed il costipamento. Per la scomposizione di strati rocciosi o di manufatti di elevata compattezza e resistenza meccanica e per la loro riduzione in pezzature idonee al trasporto e/o al reimpiego dei materiali di risulta, può rendersi necessario l’uso di mine o di attrezzature meccaniche demolitrici.

A – QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

A.1 – MATERIALI SCIOLTI NATURALI

I materiali sciolti naturali possono derivare dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee nelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, ovvero dall’estrazione da cave di prestito. I materiali provenienti dagli scavi possono essere destinati alla costruzione di corpi stradali in rilevato, a bonifiche, a riempimenti ecc. ovvero, se quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, al deposito in apposite discariche.

Nei casi in cui i materiali impiegati non siano provenienti dagli scavi, ma da cave di prestito, dovranno essere qualificati in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). In questo caso la fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242:2008.

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.

Il sistema adottato per la classificazione dei materiali sciolti (terre) fa riferimento al Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS) descritto dalla norma SN 670 008a e dalla DIN 18196

Nella formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi sarà data priorità d’impiego ai materiali sciolti dei gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP, quindi a quelli dei gruppi GC, SM, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC.

Per le terre appartenenti ai restanti gruppi si deve valutare se adoperarle mediante trattamento con calce, ovvero se portarle a rifiuto.

Nel caso di materiali provenienti da cave di prestito saranno accettati solo quelli appartenenti ai gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP.

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. Terre con contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 2% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

Classificazione dei materiali sciolti

Il Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS), descritto dalla norma SN 670 008a e dalla DIN 18196, si basa sulla valutazione delle seguenti caratteristiche intrinseche dei materiali:

- granulometria;
- limiti di consistenza;
- contenuto di sostanza organica.

L’analisi granulometrica delle terre viene effettuata secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 / UNI EN ISO 14688-1. Saranno impiegati setacci della serie ISO 3310-1 e ISO 3310-2 . Per la descrizione delle frazioni granulometriche si farà riferimento alla terminologia riportata in Tabella A1.

Tabella A.1				
Descrizione	Classe	Dimensioni		
		da (mm)	a (mm)	
Terre grosse	Blocchi (Bo)	200	630	
	Pietre (Co)	63	200	
	Ghiaia (Gr)	Grossa	2	63
		Media	20	63
		Fine	6,3	20
	Sabbia (Sa)	Grossa	2	6,3
		Media	0,063	2
Fine		0,63	2	
Terre fini	Limo (Si)	Grossa	0,063	
		Media	0,02	
		Media	0,063	
		Fine	0,0063	
	Argilla (Cl)	0,002	0,0063	
		≤0,002		

La forma della curva granulometrica sarà descritta dai 2 parametri:

- coefficiente di uniformità: $C_U = D_{60} / D_{10}$
- coefficiente di curvatura: $C_C = (D_{30})^2 / (D_{60} \cdot D_{10})$

I limiti di consistenza (o di Atterberg) saranno determinati secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-12. Per la descrizione delle frazioni granulometriche fini si farà riferimento alla terminologia riportata nella Figura A1 (Carta di Plasticità):

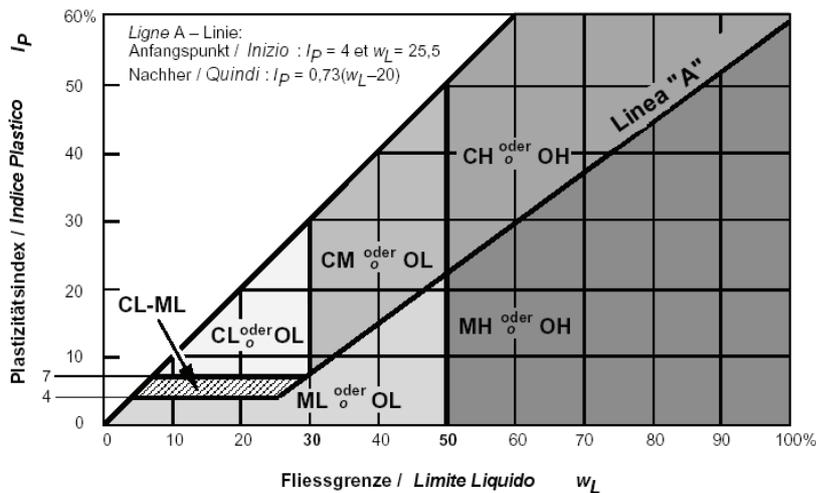


Figura A.1

Le terre organiche sono riconoscibili in base al loro colore ed al loro odore. Ai fini della presente classificazione una terra è definita come organica se il rapporto tra il limite liquido del materiale dopo essiccazione in stufa a 105°C e il limite liquido del materiale naturale è inferiore a 0,75.

Terre grosse ($P_{0,063} < 40\%$)

Sono considerate terre a grana grossa i materiali con una frazione limoso-argillosa ($P_{0,063}$) inferiore al 40%. Esse sono suddivise in ghiaie e sabbie secondo la frazione granulometrica prevalente. Inoltre:

- se $P_{0,063}$ è inferiore al 5% la classifica si effettua solo in base alla forma della curva granulometrica;
- se $P_{0,063}$ è superiore al 12% la classifica si effettua solo in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità).
- se $P_{0,063}$ è compreso tra il 5% ed il 12% la classifica si effettua sia in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità) che alla forma della curva granulometrica.

I criteri di classificazione delle terre grosse sono riassunti nella Tabella A2 .

Terre a grana fine (P_{0,063} ≥ 40%)

Le terre a grana fine hanno una frazione limoso-argillosa (P_{0,063}) superiore al 50% e sono classificate in funzione della loro posizione sulla carta di plasticità.

Tabella A.2					
	P_{0,063}	Granulometria C_U - C_C	Plasticità	Gruppo	
Terre Ghiaiose (Gr): % di ghiaia (Φ > 2mm) superiore alla % di sabbia (0,06 < Φ < 2mm)	< 5%	C _U > 4 e 1 ≤ C _C ≤ 3		GW	
		C _U ≤ 4 o C _C < 1 o C _C > 3		GP	
	> 12%			ML, MH	GM
				CL-ML	GM-GC
				CL, CM, CH	GC
	5% - 12%		C _U > 4 e 1 ≤ C _C ≤ 3	ML, MH	GW-GM
				CL-ML, CL, CM, CH	GW-GC
			C _U ≤ 4 o C _C < 1 o C _C > 3	ML, MH	GP-GM
				CL-ML, CL, CM, CH	GP-GC
	Terre Sabbiose (Sa): % di sabbia (0,06 < Φ < 2mm) superiore alla % di ghiaia (Φ > 2mm)	< 5%	C _U > 6 e 1 ≤ C _C ≤ 4		SW
C _U ≤ 6 o C _C < 1 o C _C > 4					SP
> 12%				ML, MH	SM
				CL-ML	SM-SC
				CL, CM, CH	SC
5% - 12%			C _U > 6 e 1 ≤ C _C ≤ 3	ML, MH	SW-SM
				CL-ML, CL, CM, CH	SW-SC
			C _U ≤ 6 o C _C < 1 o C _C > 3	ML, MH	SP-SM
				CL-ML, CL, CM, CH	SP-SC
Terre Fini Limi (Si) e Argille (Cl) Organiche (Or)		no	< 30	> 7 4 ≤ I _p ≤ 7 < 4	CL CL-ML ML
	si			OL	
	no	30 ≤ W _L ≤ 50	Sopra la Linea "A" Sotto la Linea "A"	CM ML	
	si			OL	
	no	> 50	Sopra la Linea "A" Sotto la Linea "A"	CH MH	
			si		OH

A.2 – ALTRI MATERIALI

Il progetto può prevedere l'adozione di tecnologie, materiali e prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre naturali.

In tali casi l'Impresa deve attenersi, per le qualificazioni dei materiali e i controlli, alle specifiche di progetto, eventualmente riferite a normativa nazionale o internazionale specifica.

In caso di esigenze tecniche particolari l'impresa può proporre, nel rispetto del quadro economico, l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto.

In tale caso i materiali devono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista; gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

B) PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

1) Qualificazione dei materiali

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, ed inoltre eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su sperimentazione o prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative (rilievo di prima pianta);
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:
 - granulometria e limiti di Atterberg (CNR-UNI 10006/63 ovvero DIN 18122-1) oppure la prova con punta conica (UNI CEN ISO /TS 17892-6), per la classificazione secondo la norma DIN 18196;
 - contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1) e indice di gruppo (UNI CEN ISO/TS 14688-2);
 - determinazione della curva di costipamento Proctor, Standard e/o Modificato, con individuazione della densità massima del secco, $\gamma_{s,max}$, e dell'umidità ottimale di costipamento, W_{opt} (UNI EN 13286-2); per le terre con trattenuto al crivello da 25 mm superiore al 15% si dovrà obbligatoriamente utilizzare la metodologia DIN 18127 (fustella grande);
 - analisi granulometriche comparative (UNI CEN ISO/TS 17892-4/ UNI EN 933-1.), prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;
 - indice di portanza CBR, secondo modalità di prova che tengano conto della destinazione del materiale, dei rischi di imbibizione da venute d'acqua (gravitazionale e/o di capillarità) e del prevedibile grado di addensamento. Per valutare gli effetti delle variazioni di umidità e del grado d'addensamento sulla portanza degli strati realizzati, la Direzione dei lavori, in relazione alle esigenze di posa in opera ed anche ai fini dei controlli di portanza, ha la facoltà di richiedere lo studio CBR SN670320b completo, a diverse energie ed umidità di costipamento, secondo la norma e DIN 18127

Per le rocce evolutive devono essere determinate, inoltre:

- la resistenza a compressione semplice su cubetti (UNI EN 1926)
- la massa volumica apparente (UNI EN 1936);
- la perdita in peso alla prova Los Angeles UNI EN 1097-2 / CNR 34

La dove, a causa della granulometria del materiale, non fosse possibile eseguire prove di costipamento e prove CBR di laboratorio, l'attitudine all'impiego può essere determinata in seguito, attraverso la misura del modulo di deformazione E_{v2} e il rapporto E_{v2}/E_{v1} secondo DIN 18134, oppure M_{E1} e rapporto M_{E2}/M_{E1} secondo SN 670 317b, nel corso delle prove preliminari in vera grandezza (campo prove) di cui nel seguito.

Tenuto conto dei risultati delle suddette indagini, l'Impresa predispone i seguenti documenti, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori:

- piano dettagliato di sperimentazione in vera grandezza (campo prove);
- piano particolareggiato delle lavorazioni di movimento di materie.

2) Campo prove per l'impiego dei materiali sciolti

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materia siano del tutto trascurabili (inferiori a 30.000 mc), l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo 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 (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Nei cantieri di grande dimensione e, in ogni caso, quando per il controllo in corso d'opera siano impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento (LFWD, FWD, autocarro con asse di 10 t), le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i risultati di queste ed i valori di massa volumica del secco (γ_s) e/o modulo di deformazione E_{v2} e del rapporto E_{v2}/E_{v1} (DIN 18127). L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato. In quest'ultimo caso, dopo la sperimentazione, è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili, sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento del piano e 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, o integrata, in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

I risultati delle prove vanno riportati in apposito verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione delle macchine e sulle modalità di posa in opera.

3) Cave di prestito

Per le cave di prestito messe a disposizione dalla Stazione appaltante, le aree da cui debbono prelevarsi i materiali sono consegnate all'Appaltatore in occasione della consegna dei lavori (ovvero di verbale parziale, se è disposta una consegna frazionata).

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, in difformità del progetto, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di: indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego

4) Discariche e luoghi di deposito

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle normative vigenti, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

Riguardo alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;
- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi debbono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate in seguito nei riempimenti di cavi, rinterri, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, devono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale, disposti, con scarpate generalmente di 3/2, non devono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori a sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;
- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbo, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione dei lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e tutela ambientale, in analogia a quanto già illustrato per le cave di prestito.

5) Piano particolareggiato delle lavorazioni

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti in terra e per le loro parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata di un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;
- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
 - spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
 - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare, dei compattatori ad assicurare le prescritte prestazioni;
 - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti.
- le prevalenti condizioni di umidità naturale delle terre impiegate, all'atto della posa in opera; in relazione ad esse sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata al Direttore dei Lavori e da questi tempestivamente esaminata.

C) ESECUZIONE DEI LAVORI

C.1 – SCAVI E DEMOLIZIONI

1) Norme generali

Si esaminano in questo paragrafo le lavorazioni per lo smacchiamento generale dei siti d'impianto del corpo stradale, per lo scoticamento, per lo sbancamento e lo scavo a sezione ristretta, con o senza la presenza di falda freatica, per la demolizione di opere murarie e la scomposizione di strati rocciosi.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (ivi compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, sono eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta ad adottare ogni cautela ed esattezza nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fognatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa deve provvedervi a sua cura e spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

2) Smacchiamento

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere preliminarmente al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

3) Scotricamento

Prima di dar luogo agli scavi l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di terreno vegetale ricadente nell'area di impronta del solido stradale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in difformità di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'Impresa deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nell'articolo riguardante questa lavorazione.

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie assentite: provvede, quindi, a sua cura e spese al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffici centrali e laterali, isole divisionali, ricoprimento superficiale di cave e discariche, ecc.).

I depositi provvisori di terra vegetale vanno sistemati come descritto nell'art. A.3.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, debbono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammolimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

4) Scavi di sbancamento

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;

la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;

la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;

lo splateamento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;

la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;

gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;

l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di estrazione a strati suborizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza verso l'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò, fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo (piano di posa della pavimentazione o piano di imposta della sottofondazione di trincea).

Quest'ultimo deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

5) Scavi a sezione ristretta

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo. Questo piano è fissato (da progetto o, in difformità, su motivato parere della Direzione Lavori) per l'intera area o per più parti in cui questa può essere suddivisa, in relazione all'accidentalità del terreno ed alle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la loro natura, detti scavi devono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il fondo degli scavi deve essere perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Impresa, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature e sbatacchiature, rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

L'Impresa deve provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa deve provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

L'Impresa deve eliminare ogni impedimento e ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fugatori.

6) Demolizioni

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ciò è previsto in progetto, ovvero se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti agli impianti di trattamento.

Nel caso che i materiali di scavo siano destinati al reimpiego, essi devono essere trasportati direttamente in opera o in aree di deposito; in questo caso devono essere custoditi opportunamente, eventualmente trattati per correggerne la granulometria, in relazione alla destinazione prevista, successivamente ripresi e trasportati nelle zone di impiego.

7) Scavi in roccia

Gli scavi in roccia di qualsiasi natura e consistenza, comunque fessurata o stratificata, e le demolizioni dei manufatti sono eseguiti con i mezzi che l'Appaltatore ritiene più convenienti, ivi compreso l'uso di mine. Nell'impiego di esplosivo l'Impresa deve curare che la scarpata risultante non presenti fratture né dislocazioni di masse: qualora si accertasse la presenza di tali indesiderati fenomeni, prodotti dalla tecnica di scavo, l'Impresa deve provvedere a sue spese a disgaggi, sarciture e/o bloccaggi, secondo un programma concordato con la Direzione Lavori.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di impianti a rete di ogni genere, deve essere attuato con opportune cautele, in modo da evitare, sia la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe, sia effetti vibrazionali nocivi, che debbono essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

8) Reimpiego dei materiali di scavo

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori.

C.2 – RIPORTI

Nel presente articolo, oltre alla costruzione del corpo stradale in rilevato (ivi compreso lo strato superiore, costituente il sottofondo della pavimentazione), si considerano tutte le lavorazioni che comportano riporto di materiali, quali le opere di presidio ed i riempimenti dei cavi, la bonifica del piano di posa dei rilevati e quella del sottofondo della pavimentazione nei tratti di trincea (ove occorra).

In paragrafi distinti sono trattate nel seguito, in successione, le tecniche relative alla sistemazione ed alla costruzione di:

- piani d'appoggio dei rilevati;
- strati anticapillari;
- corpo del rilevato in terre naturali;
- riempimenti;
- strati di sottofondo in terre naturali;
- strati in terre stabilizzate a calce o con leganti idraulici;
- strati con materiali riciclati.

C.2.1 – PIANO D'APPOGGIO DEI RILEVATI

1) Configurazione

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Ogni qualvolta i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, ultimata l'asportazione del terreno vegetale, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per la continuità spaziale delle gradonature si deve curare, inoltre, che le alzate verticali si corrispondano, mantenendo costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, le gradonature debbono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine per lo scavo.

In corrispondenza di allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale addossare il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

L'operazione di gradonatura deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili a futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

2) Terreni cedevoli

Quando siano prevedibili cedimenti eccedenti i 15 cm dei piani di posa dei rilevati, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio per l'evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

3) Requisiti di portanza

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) E_{v2} , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma DIN 18134, deve risultare non inferiore ai valori indicati in tabella C.1:

Tabella C.1

Requisiti di portanza del piano di posa dei rilevati E_{v2} (MPa)	
Posizione	
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione maggiore di 2,00 m	$E_{v2} \geq 50$ MPa
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione compresa tra 1,00 e 2,00 m	$E_{v2} \geq 80$ MPa
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione compresa tra 0,50 e 1,00 m	$E_{v2} \geq 100$ MPa
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione minore di 0,50 m	$E_{v2} \geq 120$ MPa

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000 m². Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione viene effettuata in condizioni sature.

4) Bonifica

Quando la natura e lo stato dei terreni d'impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, può essere introdotto nel programma dettagliato delle lavorazioni l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con materiali idonei di apporto. In alternativa può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione.

C.2.2 – STRATI ANTICAPILLARI

Gli strati anticapillari sono strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad alta permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

Non è ammesso l'uso di aggregati riciclati.

1) Strati in terre naturali

Lo strato anticapillare in materiale naturale, dello spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, deve essere costituito da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaio), con granulometria compresa tra 8 e 50 mm, con passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante al setaccio 0,063 mm non superiore al 3%.

Il materiale deve essere del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali.

Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va eseguito mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prelievo ogni 100 m³ di materiale posto in opera.

2) Geotessili

In associazione allo strato granulare anticapillare può essere posto sul piano di appoggio del rilevato un telo geotessile.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotropo, ottenuto da fibre di 100% polipropilene o poliestere di prima qualità, agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termo fusione, termo calandratura e termo legatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

I geotessili devono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico, deve rispondere ai requisiti minimi riportati in Tabella C.2:

Tabella C.2			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso	UNI EN ISO 9864	g/m ²	300
Spessore (strato singolo) a 2 kPa	UNI EN ISO 9863-1	mm	1,7
Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Resistenza a trazione trasversale (a strisce con larghezza di 200 mm)	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Resistenza all'invecchiamento (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 12224	%	<50
Resistenza chimica (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 13438	%	<20
Allungamento, in %	UNI EN ISO 10319	%	>80
Lacerazione (con prova a caduta conica-diametro massimo)	UNI EN 918	mm	<26
Punzonamento, in N	UNI EN ISO 12236	N	>3000
Permeabilità verticale rispetto il piano (senza carico)	UNI EN 12958	l/s/mq	>175
Permeabilità al piano (20 kPa di carico)	UNI EN 12958	l/m h	>31
Apertura efficace dei pori O_{v90}	UNI EN ISO 12956	mm	0,10
Resistenza a agenti microbiologici	UNI EN 12225		

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma EN 963. I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere eseguite presso Laboratori accettati dall'Amministrazione Provinciale di Bolzano preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, in seguito su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

Il piano di stesa del geotessile deve essere perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

I teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

C.2.3 – RILEVATI IN TERRA NATURALE

1) Posa in opera

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

Per evitare disomogeneità dovute alle 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 i differenti strati del rilevato deve essere il più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale roccioso, a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale non inferiore al 4%.

In presenza di paramenti di massicci in terra rinforzata o di muri di sostegno, in genere, la pendenza deve assicurare l'allontanamento delle acque dai manufatti.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere 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, secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 2 (compattazione).

Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima della terra impiegata ($s \geq 2D_{\max}$).

In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 150 mm (100 mm nell'ultimo metro); questi devono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo o frantumati, prima del carico sui mezzi di trasporto.

2) Compattazione

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, circa la massima utilizzazione delle risorse naturali impegnate dall'intervento, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, 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 materiale che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve essere compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel piano particolareggiato dei movimenti di materia (cfr. C.5).

Quando, riguardo all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati, a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85 – 90 %, secondo il tenore in fino e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio degli pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano 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 assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Per garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato, le scarpate debbono essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato; Le quantità rimosse nella riprofilatura delle scarpate non saranno contabilizzate.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo paragrafo E.5 "Controlli". Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

3) Protezione

Si deve garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore; questo andrà sistemato a strisce orizzontali, opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si devono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina deve essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Appaltatore è tenuto ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato.

Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, devono essere sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 6%.

Se nei rilevati dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati; è prudente in questo caso ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

C.2.4 – RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI

Nella formazione del corpo dei rilevati possono essere impiegati materiali riciclati provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi delle Normative Nazionali.

I materiali *provenienti da attività di costruzione o demolizione* sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, intonaci, allettamenti, materiali lapidei provenienti da cave autorizzate o da attività di taglio e lavorazione.

I *materiali di scarto provenienti da processi industriali* sono prevalentemente costituiti da scorie, loppe d'alto forno, esclusivamente di nuova produzione e, comunque, non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I materiali di riuso possono venire miscelati tra loro ed anche con terre naturali, in modo da favorirne il riutilizzo nelle costruzioni stradali con i conseguenti benefici economici ed ambientali.

L'impiego dei materiali di riciclo deve essere conforme alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016 N°1030 in forma vigente: "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Gli aggregati di riciclo possono essere impiegati nella formazione del corpo del rilevato, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità riportati in Tabella C.3.

Tabella C.3		MISCELE NON LEGATE CON AGGREGATI NATURALI E/O AGGREGATI RICICLATI					
		Impieghi					
Caratteristica	Norma	Colmate/rinterri		Corpo del rilevato		Sottofondo	
		Requisito	Frequenza delle prove	Requisito	Frequenza delle prove	Requisito	Frequenza delle prove
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0/63 mm	20.000 m ³	0/63 mm	5000 m ³	0/31,5 mm	2000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC ₇₅	20.000 m ³	OC ₈₅	5000 m ³	OC ₇₅	2000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	-	-	UF ₁₅	5000 m ³	UF ₁₅	2000 m ³
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	G _N	20.000 m ³	G _N	5000 m ³	G _U	2000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	-	-	FI ₅₀	50.000 m ³	FI ₃₅	2000 m ³
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	-	-	MB ₅	5000 m ³	MB ₅	2000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	-	-	SE ₃₅	5000 m ³	SE ₃₅	2000 m ³
Limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-	-	WL ≤ 40	5000 m ³	WL ≤ 40	2000 m ³
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-	-	IP ≤ 10	5000 m ³	IP ≤ 6	2000 m ³
Resistenza alla frammentazione	CNR 34	-	-	LA ₃₅	50.000 m ³	LA ₃₀	20.000 m ³
Caratterizzazione dell'eluato (Test di cessione)	DM5 febbraio 1998 e s.m.i.	conforme	5000 m ³	conforme	5000 m ³	conforme	5000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	-	-	SS _{0,2}	5000 m ³	SS _{0,2}	2000 m ³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcug ₅₀	20.000 m ³	Rcug ₅₀	5000 m ³	Rcug ₇₀	2000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	-	-	R _{g5-}	5000 m ³	R _{g5-}	2000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	-	-	R _{a30-}	5000 m ³	R _{a10-}	2000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₁₀₋	20.000 m ³	FL ₁₀₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante inerte: Leca, cemento schiumato, ecc.	UNI EN 933-11	-	-	FL ₅₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁₋	20.000 m ³	X ₁₋	5000 m ³	X ₁₋	2000 m ³
Massa volumica max. con energia Proctor modificata	UNI EN 13286-2	-	-	γ	5000 m ³	γ	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 giorni di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	-	-	≥20	50.000 m ³	≥40	50.000 m ³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	-	-	≤1%	-	≤1%	50.000 m ³
Perdita di resistenza dopo cicli di gelo e disgelo	EN 1367-1	-	-	ΔS _{IA} ≤30	5000 m ³	ΔS _{IA} ≤30	2000 m ³

Note: Il simbolo γ indica che la caratteristica deve essere determinata ma non deve rispondere ad un requisito
 Il simbolo - indica che la caratteristica può essere omessa

Riguardo alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Nelle opere di protezione contro pericoli idrogeologici devono essere preferibilmente impiegati materiali riciclati conformi alle norme e leggi vigenti. Non è ammesso l'impiego del materiale riciclato in contatto con la falda, nel riempimento di drenaggi e nel corpo del rilevato a profondità inferiori a quella del gelo. In questi casi è ammesso solo l'uso di aggregati lapidei naturali qualificati.

C.2.5.- RINTERRI NEL CORPO DEL RILEVATO

Il ripristino di cavi di fondazione intorno a strutture, il rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (ad esempio posa di sottoservizi), il riempimento a ridosso di murature ed opere di sostegno, presentano problemi speciali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

Per questi motivi occorre impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

Nei rinterri possono essere impiegati materiali riciclati, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella C.3.

Le terre e/o gli aggregati di riciclo trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricate direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositate in loro vicinanza e in seguito poste in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza. Inoltre, si deve evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A tergo di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione dei riempimenti ovvero di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici. A ridosso delle murature dei manufatti, qualora riguardo alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali se ne ravvisi la necessità, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione con cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma di trapezio, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a $2,00\text{ m} + \frac{3}{2}h$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Il cemento deve essere ad altissima resistenza ai solfati SR 0 e a presa lenta; il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

La miscela deve essere compattata per strati di spessore non superiore a 30 cm fino a raggiungere il 98% della massa volumica massima del secco, ottenuta in laboratorio con la prova Proctor Standard secondo la Norma UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127.

D) SOTTOFONDO

Il sottofondo è il volume di terra nel quale sono ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dalla pavimentazione; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito (nelle sezioni in trincea o a raso campagna) ovvero tra il rilevato e la pavimentazione.

1) Materiali costituenti

Per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra occorre considerare che non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possano essere impiegati per realizzare strati di sottofondo:

- in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di $D=100\text{ mm}$;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, per ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari, con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (gruppi GW, SW).

I tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo GW si prestano bene a costituire ottimi strati di sottofondo.

Fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico, possono essere impiegate, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo $IG = 0$, purché prive di elementi maggiori di $D>100\text{ mm}$ e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati.

Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate terre dei gruppi GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP previa stabilizzazione a cemento, a calce od a calce-cemento.

Nel caso in cui le prove di portanza CBR (UNI EN 13286-47) di laboratorio risultino significative (materiale con dimensioni inferiori a 20 mm), l' idoneità all'impiego della terra può essere accettata se essa presenta valori di indice di portanza CBR (energia Proctor) non inferiori a quanto appresso specificato:

- nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d'imbibizione per infiltrazione laterale o dall'alto o per risalita capillare:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; senza immersione);
- per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; 4 giorni di immersione);
- nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; saturazione completa).

Nei sottofondi possono essere impiegati materiali riciclati, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella C.3.

Infine, possono essere utilizzate per la formazione degli strati di sottofondo terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, e materiali provenienti da demolizione, nonché rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata o mediante prove CBR di laboratorio, verificando il rispetto dei valori di portanza sopra indicati, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione E_{v2} sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella C.3.

Per un rapido allontanamento delle acque meteoriche i piani di sottofondo devono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%.

E) CONTROLLI

1) Controllo delle forniture

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella E.1.

Tabella E.1		Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali			
Destinazione	Rilevato		Sottofondo		
Tipo di prova	Primi 10000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³	
Classificazione SN 670 008a	una prova ogni 2.000 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	una prova ogni 500 m ³	una prova ogni 2.000 m ³	
Umidità naturale UNI CEN ISO/TS 17892-2	una prova ogni 500 m ³	una prova ogni 1.000 m ³	una prova ogni 200 m ³	una prova ogni 500 m ³	
Costipamento UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127	una prova ogni 5.000 m ³	una prova ogni 10.000 m ³	una prova ogni 1.000 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	

2) Controllo della densità e della portanza

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

Le prove di controllo della portanza devono essere eseguite mediante misure del modulo di deformazione E_{v2} secondo la Norma DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD.

Le prove di densità in sito (massa volumica apparente γ_s) saranno eseguite secondo la Norma DIN 18125 e riferite al $\gamma_{s,max}$ di laboratorio determinato secondo la Norma UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127. Vanno inoltre eseguite misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1.

Nella Tabella E.2 sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione. Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente per ciascuna tipologia di materiale e per livello prestazionale. La sperimentazione può essere eseguita nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali.

Ad esempio per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Dato che la portanza di una terra dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno grande in relazione alla natura della terra stessa, i livelli prestazionali indicati nella Tabella E.2 si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo $W_{opt} \pm 2\%$ (W_{opt} da prove UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127)

Se il contenuto d'acqua del materiale al momento delle prove dovesse essere esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle misure effettuate e tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel rilevato di prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra (o di deflessione) occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

Tabella E.2		Requisiti per gli strati di rilevato e di sottofondo	
STRATO	Grado d'addensamento % $\gamma_{s,max}$ di laboratorio ⁽¹⁾	Modulo di deformazione E_{v2} (MPa)	
Sottofondo ⁽²⁾	$\geq 98\%$	≥ 120	
Rilevato ⁽³⁾	$\geq 98\%$	≥ 80	
(1) Prova Proctor standard secondo UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127 (2) In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione (piano di sottofondo). (3) Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione.			

Le prove di controllo sono eseguite nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

3) Numero di prove di controllo

Salvo documentate prescrizioni del Direttore dei Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella E.3..

Tabella E.3	Frequenza dei controlli sugli strati finiti				
	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5.000 m ²	Ulteriori m ²	Superficie m ²
Densità	una prova ogni 500 – 1.000 m ³	una prova ogni 3.000-5.000 m ³	una prova ogni 350 - 500 m ²	una prova ogni 1.000 m ²	-
Modulo Ev ₂ ; Ev ₂ /Ev ₁	una prova ogni 1.000-1500 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	-	-	una prova ogni 1.000 - 2.000 m ²
Modulo E _{vd} (LFWD)	una prova ogni 100-150 m ³	una prova ogni 500 m ³			una prova ogni 200 - 400 m ²

4) Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella Tabella E.2.

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

- il 5%, per le misure di densità secca γ_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo Ev₂ o altra grandezza).

5) Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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

- ± 2% per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- ± 3 cm, per i piani di sottofondo;
- ± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- ± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 500 m², per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 200 m², per i piani di posa della pavimentazione.

Premessa

Le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“, che costituiscono la base di riferimento per tutti i documenti che regolano la costruzione delle strade in Alto Adige, sono in vigore dal 17 novembre 2006; questo vale anche per il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato nel 2015 dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade.

Ai sensi della circolare del Ministero dell’Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per promuovere l’utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le ”Linee Guida sulla qualità e l’utilizzo dei materiali riciclati”.

Si è pertanto ritenuta opportuna l’elaborazione di queste direttive aggiornate allo stato dell’arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 con il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294).

Le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono su tutti gli altri documenti e direttive della Provincia Autonoma di Bolzano riferiti alla stessa materia, poiché più dettagliate e più aggiornate.

Articolo 2

STABILIZZAZIONE A CALCE DEI SOTTOFONDI

La tecnica consiste nello spandimento della calce sulla superficie di terreno da trattare e nella successiva miscelazione mediante l’ausilio di idonee macchine stabilizzatrici (pulvimixer). Lo scopo è quello di ottenere un miglioramento significativo, in genere a medio e/o a lungo termine, delle proprietà fisico – meccaniche della terra che la rendono stabile alle azioni dell’acqua e del gelo.

A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1. Calce

1.1 Generalità e provenienza

Per il trattamento può essere impiegata calce viva¹ o idrata, costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (calci calciche). Il tipo di calce da impiegare deve essere scelto in relazione all’umidità del materiale da trattare: per terreni con rilevante presenza d’acqua deve essere utilizzata calce viva. Le calci dovranno essere ottenute direttamente dal processo di calcinazione di roccia calcarea, non è permesso l’impiego di calci ottenute da materiali di riciclo.

La calce impiegata dovrà essere prodotta e qualificata in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP) sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1.

1.2 Requisiti

La calce impiegata dovrà essere delle classi CL 90 o CL 80.

¹ calce viva in polvere o in sospensione acquosa. In quest’ultimo caso la sospensione dovrà contenere almeno il 70% in peso di ossido di calcio.

La calce viva dovrà soddisfare i requisiti granulometrici aggiuntivi specificati in Tabella A.1. Inoltre la calce viva, sottoposta a test di reattività secondo UNI EN 459-2², dovrà raggiungere una temperatura di 60°C entro 25 minuti.

Tabella A.1				
Apertura setaccio (mm)	Categoria P1	Categoria P2	Categoria P3	Categoria P4
10	-	100	-	100
5	-	100	100	≥95
2	100	≥95	≥95	-
0,2	≥95	≥70	-	-
0,09	≥85	≥50	≥30	-

Nota: analisi granulometrica eseguita secondo UNI EN 459-2:2010

Il possesso dei requisiti specificati sarà verificato dalla Direzione Lavori esaminando gli attestati di conformità CE dei prodotti e le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del Produttore che dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

1.3 Acqua

L’acqua impiegata per la miscelazione e la maturazione non dovrà influire in modo negativo sulla prestazione delle miscele. L’acqua potabile potrà essere impiegata senza ulteriori accertamenti.

Se richiesto dalla Direzione Lavori l’acqua dovrà essere analizzata e risultare conforme ai requisiti minimi specificati nella norma UNI EN 1008.

1.4 Terra

Il terreno di sottofondo, insieme ad eventuale terra di apporto, potrà essere trattato con calce quando:

- appartiene alle classi A₆ e A₇ (secondo la normativa UNI 11531-1:2014), alle classi A_{2,6} e A_{2,7} con una frazione passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%, alla classe A₅ con I_p>8;
- è caratterizzato da un valore di blu di metilene superiore a 200 (200 cm³ di soluzione 10g/l di blu di metilene per 100 g della frazione di terra passante al setaccio 0,25 mm, secondo Norma UNI EN 933-9).
- presenta un contenuto di materiale organico non superiore al 3%;
- diametro massimo degli elementi litoidi dovrà comunque essere inferiore a 60mm.
- presenta una percentuale di solfati (SO₃) non superiore allo 0,3% determinata secondo le norme UNI EN 1744-1 ma utilizzando, per l’estrazione dei solfati dalla terra, un rapporto in peso acqua/terra pari a 10. Con percentuale di solfati compresa tra 0,3% ÷ 0,5% in alcune zone si potrebbero verificare reazioni espansive localizzate, è quindi necessario eseguire la polverizzazione della terra e la miscelazione della calce con estrema attenzione. In particolare durante la miscelazione l’umidità dovrà essere almeno il 3-5% superiore al valore ottimo risultante dalle prove di costipamento. Dovrà essere osservato un periodo di maturazione di almeno 3 giorni prima di eseguire una seconda miscelazione e, quindi, la compattazione dello strato. Con percentuale di solfati compresa tra 0,5% ÷ 0,8% oltre alle misure già espresse, dovrà essere attentamente valutato, in fase di progetto della miscela, il periodo di maturazione. In questa fase andrà anche considerata l’opportunità di aggiungere la calce in 2 fasi successive. L’accettazione delle miscele sarà basata principalmente sul valore del rigonfiamento. Con percentuale di solfati superiori allo 0,8 il trattamento con calce deve essere escluso.

1.5 Miscela

La composizione della miscela terra-calce-acqua dovrà essere stabilita in base ai risultati di uno studio, eseguito presso i Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all’art. 59 del DPR n. 380/2001.

² Nel caso in cui la calce viva contenga una frazione granulometrica trattenuta al setaccio 2 mm, tale materiale dovrà essere frantumato fino a dimensioni inferiori a 2 mm per essere sottoposta a prova.

1.5.1 Studio della miscela

Per gli interventi di stabilizzazione lo studio riguarderà almeno 3 miscele terra-calce con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo del Contenuto Iniziale di Calce (CIC). Fatte salve le ulteriori prescrizioni che la Direzione Lavori porrà nel caso di terreni con medio o elevato contenuto di solfati, lo studio comprenderà almeno le seguenti prove sul terreno da stabilizzare:

- a) determinazione del Contenuto Iniziale di Calce (CIC), secondo la norma ASTM D6276-99a;
- b) determinazione del Valore di Blu (VB), secondo la norma UNI EN 933-9;
- c) determinazione del limite liquido e del limite plastico (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- d) determinazione della curva di costipamento con energia Proctor modificata (UNI EN 13286-2 in alternativa DIN 18127) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito;

Sulle miscele terra-calce saranno eseguite le seguenti prove:

- a) determinazione del limite liquido e del limite plastico (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- b) determinazione della curva di costipamento con energia proctor modificata (UNI EN 13286-2) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito;
- c) determinazione dell'indice C.B.R. (UNI EN 13286-47:2006) su provini costipati con valori di umidità pari a quello ottimale, W_{ott} ed a $W_{ott}+3\%$, maturati per 28 giorni a $20^\circ \pm 2^\circ$ C e U.R.>95%³ e quindi saturati con 4 giorni di immersione in acqua a $20^\circ \pm 2^\circ$ C. Al termine della saturazione sarà inoltre determinato il valore di rigonfiamento. Se richiesto dalla D.L. lo studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ciascun valore di umidità della miscela.
- d) se richiesto dalla Direzione Lavori sarà inoltre effettuata la determinazione dell'indice C.B.R. (CNR-UNI 10009) "immediato" su provini costipati con valori di umidità pari a quello ottimale, W_{ott} ed a $W_{ott}+3\%$;
- e) se richiesto dalla Direzione Lavori per la verifica della resistenza al gelo-disgelo dovrà essere effettuata la determinazione della resistenza a compressione (EN 13286-41) su provini confezionati secondo UNI EN 13286-50 al 98% della densità massima ottenuta dalle prove di costipamento e all'umidità attesa durante la fase di costipamento in sito. La maturazione dei provini sarà effettuata per 28 giorni a $20^\circ \pm 1^\circ$ C e U.R.>95%. Dopo la maturazione i provini saranno sottoposti a 13 cicli gelo-disgelo (16 ore a -5° C, 8 ore a 8° C). Se richiesto dalla Direzione Lavori studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ogni prova.

La preparazione delle miscele dovrà avvenire essiccando preliminarmente la terra fino a massa costante, ad una temperatura non superiore a 60° C. Si procederà quindi all'aggiunta della calce nelle percentuali in studio. Queste ultime saranno sempre riferite al peso secco della terra. Si procederà quindi con l'aggiunta delle percentuali d'acqua richieste dallo studio, una delle quali dovrà coincidere con l'umidità della terra in sito.

L'intervallo di maturazione tra l'aggiunta d'acqua e la compattazione della miscela dovrà essere stabilito, anche in base alle indicazioni della Direzione Lavori, riguardo alla natura del terreno, al programma delle lavorazioni ed ai controlli in sito.

Le curve di costipamento e le curve CBR dovranno essere tracciate con riferimento sia alla quantità di acqua aggiunta alla terra essiccata sia all'umidità misurata sulle miscele terra-calce dopo il periodo di maturazione.

B – ACCETTAZIONE DELLA MISCELA

Si riterranno idonee per la formazione di sottofondi le miscele terra-calce che forniranno le seguenti prestazioni:

- a) contenuto iniziale di calce (CIC) > 1,5%;
- b) valore di blu VB > 2 g/kg;
- c) indice C.B.R. > 30% (per i provini confezionati con W_{ott} e con $W_{ott}+3\%$ e quindi sottoposti a maturazione e saturazione);
- d) rigonfiamento dopo 4gg di immersione < 1,5% (per i provini confezionati con W_{ott} e con $W_{ott}+3\%$ e quindi sottoposti a maturazione e saturazione);
- e) resistenza a compressione $R_c \geq 1,2$ MPa.

³ In alternativa la maturazione potrà essere eseguita per 48h a $49 \pm 1^\circ$ C e U.R.>95%

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera i risultati ottenuti dalle predette prove e quindi la percentuale di calce che intende adottare. Acquisita l'approvazione della Direzione Lavori, potrà procedere all'impiego della miscela.

In ogni caso la quantità di calce aggiunta non dovrà mai essere inferiore al 2,0% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Appaltatore.

C – POSA IN OPERA

La superficie dello strato dovrà essere perfettamente livellata secondo i piani indicati nei disegni di progetto. Se richiesto, si dovrà effettuare una rullatura della superficie finalizzata all'individuazione di zone particolarmente compressibili. Su indicazione della Direzione Lavori tali zone saranno bonificate prima dell'inizio del trattamento.

L'operazione di miscelazione dovrà essere preceduta da quella di frantumazione della terra in sito fino alla profondità prevista per la stabilizzazione, ottenuta mediante passate successive con idonea attrezzatura polverizzatrice (pulvimixer) fino ad ottenere grumi di terra della dimensione massima di 40 mm.

La macchina polverizzatrice dovrà trattare il materiale in modo uniforme fino alla profondità richiesta, per tutta la larghezza della lavorazione. Essa dovrà inoltre fornire una chiara indicazione visiva della profondità di lavorazione.

Terminata l'operazione si dovrà determinare l'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

Saranno considerati soddisfacenti valori di umidità compresi tra quello ottimo della miscela, W_{ott} e $W_{ott}+3\%$.

In presenza di valori di umidità troppo elevati si procederà, in accordo con la Direzione Lavori ad una nuova lavorazione del materiale. L'aggiunta di calce non potrà essere fatta se l'umidità della terra non rientrerà nel range prescritto. Nei casi in cui i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo di costipamento è preferibile l'impiego di calce viva macinata per il suo effetto essiccante.

La stesa della calce sarà eseguita mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela. L'operazione di spandimento sarà sospesa quando la presenza di vento non permettesse di garantire la sicurezza del personale operante, che dovrà comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela. Il materiale dovrà quindi essere umidificato, con le modalità indicate dalla Direzione Lavori, fino a raggiungere il contenuto d'acqua richiesto.

Lo spandimento della calce dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere utilizzata nella stessa giornata lavorativa.

Entro 6 ore dalla stesa della calce si procederà alla miscelazione che dovrà essere realizzata con 2 o più passate miscelatore (pulvimixer). Il miscelatore dovrà essere del tipo a rotore, semovente e permettere di lavorare strati di almeno 50 cm di profondità.

Il controllo della profondità e dell'uniformità del trattamento sarà eseguito durante le operazioni di miscelazione attraverso la verifica visiva dell'apparecchiatura di miscelazione. Inoltre il controllo potrà essere eseguito attraverso trincee di ispezione, impiegando il metodo della fenoltaleina⁴.

La miscelazione dovrà garantire che le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui la terra passi interamente al setaccio da 31,5 mm e per almeno il 50% al setaccio da 4mm.

Se richiesto dalla Direzione Lavori, riguardo alla composizione ed alla reattività della terra da trattare, sarà necessario effettuare una seconda fase di miscelazione (miscelazione finale) dopo un periodo di tempo variabile da 1 a 7 giorni dalla prima miscelazione. Tale periodo di maturazione sarà stabilito dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati degli studi di qualifica del materiale.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm. Inoltre nella stessa giornata lavorativa i tratti lavorati devono essere completati per tutta la larghezza prevista in progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o

⁴ Sarà aperta una piccola trincea larga almeno 30cm per tutto lo spessore dello strato trattato. Le pareti dello scavo saranno immediatamente impregnate con una soluzione indicatrice di fenoltaleina ed alcool. Il viraggio al viola del colore indicherà la profondità e l'omogeneità della miscelazione.

disomogenei. Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

Si passerà quindi alla rullatura da eseguire, secondo le caratteristiche geotecniche della miscela terra calce, con rulli a piedi costipanti, segmentati, vibranti, gommati.

La finitura superficiale dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale. La superficie finita dello strato in terra stabilizzata dovrà avere la sagoma e le quote riportate nei disegni di progetto.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, qualora lo strato trattato non venga ricoperto entro 24 ore con un ulteriore strato (fondazione stradale) sarà stesa a protezione dello strato ultimato un velo di emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL 55 (BU CNR n.3) in ragione di 1,5 Kg/mq o in alternativa un velo di bitume liquido BL 350-700 (BU CNR n.7) in ragione di 1 Kg/mq.

D – CONTROLLI

Il controllo della qualità della stabilizzazione a calce deve essere eseguito mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella **Tabella D.1**.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

A compattazione ultimata la **densità** del secco in sito (γ_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, ASTM D 1556-90).

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:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito (γ_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 E_{v2} deve essere non inferiore a 120 MN/m² con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Per valori medi di portanza inferiori a quello previsto sarà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(120 - E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo E_{v2} inferiori a 100 MN/m² e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} superiori a 2,15 comporteranno la ripetizione del trattamento 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_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

La Direzione Lavori può inoltre richiedere prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato.

Per eventuali valori inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del trattamento e le detrazioni da applicare.

Tabella D.1

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Miscela sfusa già compattata	Fascia di stesa ultimata	ogni 2000 mc di materiale lavorato	indice CBR, rigonfiamento e resistenza a rottura (prove a compressione) non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 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	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 ml di fascia di stesa	modulo di deformazione E_{v2} , determinato con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134, non inferiori a 120 MN/m ² con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Premessa

Le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“, che costituiscono la base di riferimento per tutti i documenti che regolano la costruzione delle strade in Alto Adige, sono in vigore dal 17 novembre 2006; questo vale anche per il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato nel 2015 dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade.

Ai sensi della circolare del Ministero dell’Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per promuovere l’utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le ”Linee Guida sulla qualità e l’utilizzo dei materiali riciclati”.

Si è pertanto ritenuta opportuna l’elaborazione di queste direttive aggiornate allo stato dell’arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 con il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294).

Le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono su tutti gli altri documenti e direttive della Provincia Autonoma di Bolzano riferiti alla stessa materia, poiché più dettagliate e più aggiornate.

Articolo 3

STABILIZZAZIONE A CALCE E LEGANTE IDRAULICO DEL SOTTOFONDO

La tecnica consiste nella miscelazione, con idonee macchine stabilizzatrici (pulvimixer), di calce e cemento ai materiali provenienti dalla vecchia fondazione.

L’intervento può essere realizzato direttamente sullo strato (o sugli strati) esistente, ovvero su materiali precedentemente fresati e rimossi, per consentire la stabilizzazione a calce del sottofondo, e successivamente riportati per realizzare la nuova fondazione (stabilizzata).

La stessa tecnica può essere applicata per il trattamento di materiali di primo impiego non idonei (caratterizzati da comportamento plastico, oppure con scarso potere coesivo) per strati di fondazione stradale. L’impiego della calce, in aggiunta al cemento, è necessario nei casi in cui il materiale da stabilizzare presente indice di plasticità $IP > 6$ (vecchia fondazione plasticizzata, inglobamento di parte del sottofondo, materiali di aggiunta plastici).

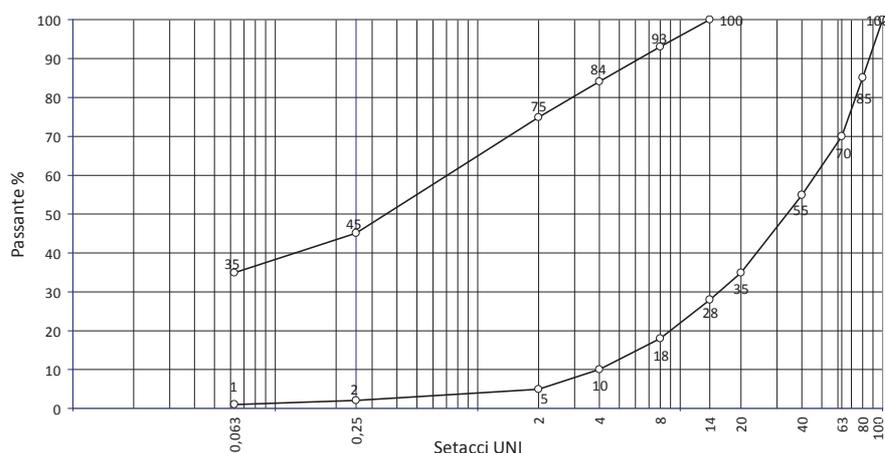
A) COSTITUZIONE DELLA MISCELA

1. Materiale da stabilizzare

Il materiale da trattare è generalmente costituito dalla vecchia fondazione, eventualmente integrata con una parte dei sovrastanti strati di conglomerato bituminoso (fresato) e dal terreno di sottofondo. Possono altresì essere impiegate le terre da scavo, aggregati naturali e/o di riciclo. La granulometria della miscela da trattare deve rientrare nel seguente fuso granulometrico riportato in Tabella A.1.

Tabella A.1

COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	100	100
Setaccio	80	85 - 100
Setaccio	63	63 - 100
Setaccio	40	55 - 100
Setaccio	20	35 - 100
Setaccio	16	31 - 100
Setaccio	14	28 - 100
Setaccio	12,5	24 - 97
Setaccio	10	22 - 96
Setaccio	8	18 - 93
Setaccio	6,3	15 - 90
Setaccio	4	10 - 84
Setaccio	2	5 - 75
Setaccio	1	4 - 65
Setaccio	0,25	2 - 45
Setaccio	0,063	1 - 35



Il terreno in sito può essere trattato con calce e/o legante idraulico quando presenta un contenuto di materiale organico non superiore al 3% e una percentuale di solfati (SO₃), determinata secondo le norme UNI EN 1744-1, non superiore allo 0,3%.

2. Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders). Deve essere usato legante idraulico resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di cementi diversi a seguito di motivata richiesta presentata dall'Impresa.

3. Calce

Nei casi in cui il materiale da stabilizzare presenti Indice di Plasticità IP>6 deve essere operato un pre-trattamento con calce. Per questo si può impiegare calce viva¹ o idrata, costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (calci calciche). Il tipo di calce da impiegare deve essere scelto in relazione all'umidità del materiale da trattare: per terreni con rilevante presenza d'acqua deve essere utilizzata calce viva. La calci devono essere ottenute direttamente dal processo di calcinazione di roccia calcarea, non è permesso l'impiego di calci ottenute da materiali di riciclo.

¹ Può essere impiegata calce viva in polvere o in sospensione acquosa. In quest'ultimo caso la sospensione dovrà contenere almeno il 70% in peso di ossido di calcio.

La calce impiegata deve essere prodotta e qualificata in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1. La calce impiegata deve essere delle classi CL 90 o CL 80.

4. Acqua

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

5. Miscele

L'individuazione del dosaggio del legante (legante idraulico ed eventualmente della calce) e dell'umidità ottima di costipamento deve scaturire da specifici studi eseguiti presso i Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

B) ACCETTAZIONE DELLA MISCELA

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, i risultati ottenuti dalle predette prove e quindi la percentuale di calce che intende adottare. Acquisita l'approvazione della Direzione Lavori, potrà procedere all'impiego della miscela. Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella B.1.

Tabella B.1 MISCELA STABILIZZATA A CALCE E CEMENTO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Classi di resistenza
Resistenza a compressione a 28gg	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Resistenza a trazione indiretta a 28gg	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Modulo di rigidezza a 28 gg – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Appendice C	S	GPa	3,0 – 8,0	Categoria T2 – T4

(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

In ogni caso la quantità di calce aggiunta non dovrà mai essere inferiore al 2,0% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Appaltatore.

C) POSA IN OPERA

L'operazione di miscelazione dovrà essere preceduta da quella di frantumazione degli strati esistenti mediante passate successive di idonea fresa o della stessa macchina stabilizzatrice.

Nel caso di riporto di materiali in precedenza fresati, oppure di integrazione si dovrà procedere allo spianamento in modo da realizzare in modo costante lo spessore previsto in progetto.

Terminata l'operazione, si dovrà stabilire l'umidità del materiale in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

Nel caso che i valori si discostano dal valore di umidità ottima, determinato a seguito delle prove di laboratorio sopra descritte e concordato con la Direzione Lavori, in valore assoluto maggiore del ± 2 %, si dovrà areare il materiale in caso di eccesso di umidità, oppure ad annaffiare se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato.

Acquisita l'umidità ottima o comunque compresa nel range sopra definito, si procederà alla stesa del cemento, mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

Ultimata la stesa del cemento si procederà alla miscelazione che dovrà essere realizzata con una o due passate di pulvimixer.

Qualora il materiale a causa della sua plasticità richiedesse il pre-trattamento a calce si procederà con le stesse modalità indicate per il cemento, adottando il dosaggio previsto nel progetto della miscela, salvo eventuali modifiche (di dosaggio) ordinate dalla Direzione dei Lavori. Dopo la miscelazione della calce con una o due passate di pulvimixer si passerà alla stesa del cemento cui seguirà la miscelazione, lo spianamento mediante grader, per ottenere andamenti plano-altimetrici regolari, e la compattazione, con rullo vibrante, di

peso superiore a 12 ton, e rullo gommato di peso superiore a 15 ton, fino a raggiungere densità del secco pari (o superiori) al 98% di quelle ottenute in laboratorio con la prova AASHO modificata.

Lo spandimento del cemento ed eventualmente della calce dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere trattata nella stessa giornata lavorativa e non dovrà mai essere effettuato in presenza di forte vento per garantire la sicurezza del personale operante, che dovrà comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono essere sovrapposti per almeno 15 cm. Nei giunti trasversali la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di cemento e/o calce, lo spessore, o il grado di compattazione siano inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

La lavorazione (stabilizzazione) non dovrà, di norma, essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 25°C, né sotto la pioggia. Potrà tuttavia essere consentita a temperature comprese tra i 25°C e i 30°C a condizione che lo strato di protezione con emulsione bituminosa sia realizzato immediatamente dopo la miscelazione e la compattazione.

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

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

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm e tale scostamento non potrà essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito il ricarico superficiale e l'Impresa dovrà rimuovere lo strato per il suo intero spessore a sua totale cura e spese.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, qualora lo strato trattato non venga ricoperto entro 24 ore con uno strato di conglomerato bituminoso sarà opportuno stendere a protezione dello strato ultimato un velo di emulsione bituminosa a lenta rottura in ragione di 1,5 Kg/mq saturata con sabbia, o, in alternativa, mantenere umida la superficie dello strato con almeno tre irrorazioni di acqua al giorno.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stabilizzazione e limitatamente ai mezzi gommati.

D) CONTROLLI

Il controllo della qualità della stabilizzazione con calce e cemento deve essere eseguito mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella D.1.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

A compattazione ultimata la **densità** del secco in sito (γ_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, ASTM D 1556-90).

Per valori di densità inferiori a quello previsto sarà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito (γ_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 eseguite 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 E_{v2} deve essere non inferiore a 150 MN/m^2 entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 200 MN/m^2 dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato sempre con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15.

Per valori medi del modulo E_{v2} , determinati con prove di carico su piastra dopo 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MN/m^2 verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(200 - E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo E_{v2} (dopo 3 giorni) inferiori a 180 MN/m^2 e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} 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_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

La Direzione Lavori, quando lo ritiene necessario, può eseguire ulteriori controlli mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD).

L'85° percentile dei valori del **modulo elastico**, rilevati dopo 90 giorni dalla posa in opera, non deve essere superiore a 12,0 GPa. Il 15° percentile degli stessi valori non deve essere inferiore a 4,0 GPa. Per valori dell'85° percentile del modulo elastico, superiori a 12,0 GPa, verrà applicata allo strato di fondazione e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dalla fondazione al tappeto di usura) una detrazione pari al 10%.

Per valori del modulo elastico al 15° percentile, inferiori a 4,0 GPa, viene applicata allo strato di fondazione e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dalla fondazione al tappeto di usura) una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (s+s^2)$$

in cui s è la differenza tra 4 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Le penali in precedenza 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 D.1			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
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 E_{v2} , determinato con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134, non inferiori a 180 MN/m^2 con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Premessa

Le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“, che costituiscono la base di riferimento per tutti i documenti che regolano la costruzione delle strade in Alto Adige, sono in vigore dal 17 novembre 2006; questo vale anche per il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato nel 2015 dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade.

Ai sensi della circolare del Ministero dell’Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per promuovere l’utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le ”Linee Guida sulla qualità e l’utilizzo dei materiali riciclati”.

Si è pertanto ritenuta opportuna l’elaborazione di queste direttive aggiornate allo stato dell’arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 con il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294).

Le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono su tutti gli altri documenti e direttive della Provincia Autonoma di Bolzano riferiti alla stessa materia, poiché più dettagliate e più aggiornate.

Articolo 4

MISTO GRANULARE PER STRATI DI FONDAZIONE

Il misto granulare è costituito da una miscela non legata di aggregati ottenuti mediante trattamento di materiali naturali, artificiali o riciclati. Il trattamento può eventualmente prevedere la miscelazione di frazioni granulometriche differenti. Nella sovrastruttura stradale il misto granulare è impiegato per la costruzione di strati di fondazione.

A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1. Aggregati

1.1 Generalità e provenienza

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242 + EN 13285

La designazione di ciascuna pezzatura dovrà contenere:

- dimensioni dell’aggregato;
- tipo di aggregato (composizione petrografica prevalente);
- località di provenienza, eventuale deposito e produttore.

L’aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Nei casi in cui l’aggregato possa venire a contatto con il gelo deve essere privo di fillosilicati e in particolare di caolinti, cloriti, smectiti, vermiculite, miche e di idrossidi di ferro formatosi durante la disgregazione.

Tabella A.1		AGGREGATI			
	Metodo di prova	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13242
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Indice di forma	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Resistenza all'urto	UNI EN 1097-2	SZ	%	≤32	SZ ₃₂
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-2	F	%	≤1	F ₁
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	NP	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1		%	assente	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3		%	assenti	
Coefficiente di dilatazione con il gelo	SN 670 321		%	≤0,1	
Rigonfiamento			%	Nulla	

È possibile l'utilizzo dei materiali riciclati provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi delle Normative Nazionali.

Gli aggregati di riciclo possono essere impiegati nella fondazione stradale, anche in miscela con aggregati naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella A.2.

Gli impianti di riciclaggio dovranno comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

I materiali riciclati dalle demolizioni edilizie dovranno essere conformi alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016, N°1030 "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Tabella A.2		MISCELE DI AGGREGATI RICICLATI		
Caratteristica	Norma	Requisito	Frequenza delle prove	
Designazione	UNI EN 13285	0/31,5 mm	1000 m ³	
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC ₇₅	1000 m ³	
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF ₉	1000 m ³	
Contenuto minimo dei fini	UNI EN 933-1	LF ₂	1000 m ³	
Granulometria	UNI EN 933-1	GA	1000 m ³	
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI ₃₅	10.000 m ³	
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³	
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	SE ₃₀	1000 m ³	
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L ≤ 15	2000 m ³	
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP ≤ 6%	2000 m ³	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE ₅₀	2000 m ³	
Indice di forma	UNI EN 933-4	SI ₄₀	10.000 m ³	
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	C _{70/10}	2000 m ³	
Resistenza all'urto	UNI EN 1097-2	SZ ₃₂	10.000 m ³	
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³	
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	assenti	2000 m ³	
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcug ₉₀	5000 m ³	
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg ₅₋	1000 m ³	
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	Ra ₃₀₋	1000 m ³	
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³	
Contenuto di materiale galleggiante inerte: leca, cemento schiumato	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³	
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁₋	1000 m ³	
Massa volumica max. con energia Proctor modificata	UNI EN 933-11	√	2000 m ³	
Portanza CBR dopo 4 giorni di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	≥50	20.000 m ³	
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	≤1%	20.000 m ³	
Sensibilità al gelo ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	2000 m ³	
Coefficiente di dilatazione con il gelo	SN 670 321	≤0,1	10.000 m ³	
⁽¹⁾ La prova con cicli di gelo-disgelo e determinata su tutte le frazione granulometriche				
Il simbolo √ indica che la caratteristica deve essere determinata ma non deve rispondere ad un requisito				
Il simbolo - indica che la caratteristica può essere omessa				

Riguardo alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR . Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

1.2 Dimensioni e granulometria

La descrizione delle pezzature degli aggregati deve essere fatta tramite la designazione d/D secondo quanto specificato dalla norma UNI EN 13242. È richiesto l'impiego degli stacci del gruppo base+2.

La granulometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma UNI EN 13242 per aggregati grossi, aggregati fini ed aggregati in frazione unica.

1.3 Requisiti geometrici, fisici, chimici e di durabilità

Le proprietà degli aggregati utilizzati per il confezionamento della miscela dovranno essere conformi ai requisiti specificati in Tabella A1. Il possesso di tali requisiti sarà attestato dai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi agli ultimi sei mesi.

Il sistema di attestazione della conformità richiesta è quello specificato all’art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 2+).

La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all’art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2. Miscele

Saranno impiegate miscele la cui curva granulometrica sia specificata in conformità alla norma UNI EN 933-1, con dimensione massima D = 31,5 mm (designazione 0/31,5). Le proprietà delle miscele impiegate dovranno essere conformi ai requisiti specificati in Tabella A.3 e rientrare nel fuso granulometrico riportato in Tabella A.4.

Tabella A.3		Requisiti delle miscele (UNI EN 13285)			
Parametro	Normativa	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13242
Classificazione granulometrica	UNI EN 933-1	G	mm	0/31,5	G ₀
Sopravaglio (Passante allo staccio D)	UNI EN 933-1	OC	%	da 85 a 99	OC ₈₅
Contenuto massimo di fini	UNI EN 933-1	UF	%	≤ 5	UF ₇
Contenuto minimo di fini	UNI EN 933-1	LF	%	≥ 2	LF ₂

L’Impresa può proporre, in alternativa, l’impiego di miscele aventi categoria granulometrica diversa da quelle indicate in Tabella A.3.

L’indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) dopo quattro giorni d’imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al setaccio da 25,4 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 50 È inoltre richiesto che tali condizioni siano verificate per un intervallo di ±2% rispetto all’umidità ottimale di costipamento.

Tabella A.4		
MISTO GRANULARE 0/31,5		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	45	100
Setaccio	31,5	85 -99
Setaccio	16	50-78
Setaccio	8	31-60
Setaccio	4	18-46
Setaccio	2	10-35
Setaccio	1	6-26
Setaccio	0,5	2-20
Setaccio	0,063	2-7

Il possesso dei requisiti elencati nelle Tabelle A.3 e A.4 è verificato dalla Direzione Lavori esaminando le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del produttore che dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti delle miscele dichiarati dal produttore.

B – ACCETTAZIONE DEL MISTO GRANULARE

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, uno studio comprendente almeno:

- la composizione dei misti granulari che intende adottare;
- l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP);
- le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del produttore relative all'ultimo anno;
- la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2 o DIN 18127);
- la determinazione dell'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

L'Impresa deve inoltre indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

C – POSA IN OPERA DEL MISTO GRANULARE

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 30cm e non inferiore a 10cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da eseguirsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va fatta con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità, o per effetto di danni dovuti al gelo, deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi. Per ogni cantiere l'idoneità dei mezzi d'opera e dei modi di costipamento deve essere determinata, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante una prova sperimentale di campo, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere:

- una **densità in sito** (DIN 18125) non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova Proctor modificata (UNI EN 13286-2);
- un **modulo di deformazione E_{v2}** determinato impiegando la metodologia della norma DIN 18134, non inferiore a 180 MPa con **rapporto E_{v2}/E_{v1}** inferiore a 2,15.

D – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera, deve essere eseguito 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 indicate nella Tabella D.1.

I controlli di accettazione sugli aggregati di cui al paragrafo A, saranno effettuati prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali. Ogni 2 mesi l'impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al controllo di produzione di fabbrica. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori potrà richiedere la ripetizione dei controlli di accettazione.

Nell'ambito dei controlli di accettazione, la granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo avere eseguito il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammesse variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 punti e di ± 2 punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i

limiti relativi a quello del fuso assegnato. L'equivalente in sabbia va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

A compattazione ultimata la **densità** del secco in sito (γ_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:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito rispetto a quella di laboratorio valutato con:

$$s = 100 (0,98\gamma_{s,max} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s,max}$$

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 rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le prove di controllo della **portanza** devono essere eseguite, prima della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, 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 E_{v2} deve essere non inferiore a 180 N/mm² con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Per valori medi di portanza inferiori a quello previsto, sarà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(180 E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo E_{v2} inferiori a 100 MN/m² e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} superiori 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_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Le superfici finite devono essere perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati per mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La verifica delle quote di progetto va eseguita con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 metri nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 metri nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota va verificata la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale.

Lo spessore medio deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

Tabella D.1

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato naturale o di riciclo	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabella A.1
Aggregato di riciclo	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabella A.2
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m ³ di stesa	Riferimento Tabelle A.3 e A.4
Sagoma	Strato finito	Ogni 20 m o ogni 5m	Sagoma previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m ² m di fascia stesa	$E_{v2} \geq 180 \text{ MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Premessa

Le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“, che costituiscono la base di riferimento per tutti i documenti che regolano la costruzione delle strade in Alto Adige, sono in vigore dal 17 novembre 2006; questo vale anche per il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato nel 2015 dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade.

Ai sensi della circolare del Ministero dell’Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per promuovere l’utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le ”Linee Guida sulla qualità e l’utilizzo dei materiali riciclati”.

Si è pertanto ritenuta opportuna l’elaborazione di queste direttive aggiornate allo stato dell’arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 con il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294).

Le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono su tutti gli altri documenti e direttive della Provincia Autonoma di Bolzano riferiti alla stessa materia, poiché più dettagliate e più aggiornate.

Articolo 5 MISTO CEMENTATO

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei naturali, aggregati di riciclo e legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole anche in presenza di acqua o di gelo.

A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1 Aggregati

1.1 Aggregati lapidei naturali

Gli aggregati lapidei costituiscono in tutto o in parte la fase solida del misto cementato. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242

La designazione dell’aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 1 della UNI EN 13242

La miscela degli aggregati può essere ottenuta dalla combinazione di più classi granulometriche oppure da una classe a frazione unica purché siano soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATI NATURALI					
Caratteristica	Metodo di prova	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13242
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Indice di forma	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Valore di blu di metilene	UNI EN 933-9	MB	-	≤10	MB ₁₀
Resistenza alla frammentazione	CNR 34/UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Resistenza all'urto	UNI EN 1097-2	SZ	%	≤32	SZ ₃₂
Prova al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2	MS	%	≤25	MS ₂₅
Resistenza al gelo e disgelo ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	N.P.	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1 15.1		%	assente	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3		%	assenti	
Coefficiente di dilatazione con il gelo	SN 670 321		%	≤0,1	
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Rigonfiamento			%	Nulla	

⁽¹⁾ La prova deve essere eseguita su tutte le singole frazioni granulometriche che compongono la miscela di aggregati

Nei casi in cui l'aggregato possa venire a contatto con il gelo deve essere privo di fillosilicati e in particolare di caoliniti, cloriti, vermiculite, miche e di idrossidi di ferro formatosi durante la disgregazione.

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A1 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori richiederà la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

1.2 Aggregati di riciclo

Nella confezione dei misti cementati è possibile l'utilizzo dei materiali riciclati provenienti dalle demolizioni edilizie, in aggiunta o in alternativa agli aggregati naturali fino al 100% della miscela, purché in possesso dei requisiti di idoneità (previsti dalla Norma UNI 11531-1 per le fondazioni stradali) riportati in Tabella A.2.

In relazione alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Gli impianti di riciclaggio dovranno comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

I materiali riciclati dalle demolizioni edilizie dovranno essere conformi alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016, N°1030 "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Tabella A.2		AGGREGATI DI RICICLO		
Caratteristica	Norma	Requisito	Frequenza delle prove	
Designazione	UNI EN 13285	0/31,5 mm		
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³	
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	SE ₅₀	1000 m ³	
Resistenza alla frammentazione	CNR 34/UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10000 m ³	
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³	
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS _{0,8}	1000 m ³	
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S ₁	1000 m ³	
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	assente	1000 m ³	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V ₅	1000 m ³	
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP _{≤10}	1000 m ³	
Resistenza al gelo e disgelo ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	1000 m ³	
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcu _{g90}	1000 m ³	
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg ₅₋	1000 m ³	
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	Ra ₃₀₋	1000 m ³	
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³	
Contenuto di materiale galleggiante inerte: leca, cemento schiumato	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³	
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁	1000 m ³	

⁽¹⁾ La prova con cicli di gelo-disgelo è determinata su tutte le frazioni granulometriche

1.3 Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine.

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nel misto cementato la percentuale in peso di conglomerato bituminoso di recupero, compreso quello eventualmente presente negli aggregati di riciclo di cui sopra, riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere al massimo del 30%. In casi particolari e con l'approvazione della DL si può aggiungere fino ad un massimo di 40%.

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2 Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1 e/o UNI EN 197-4 UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

Deve essere usato legante idraulico resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di cementi diversi a seguito di motivata richiesta presentata dall'Impresa.

3 Acqua

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Il contenuto d'acqua della miscela sarà stabilito in base ad uno studio effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dalla UNI EN 13286 -2 (Test methods for the determination of the laboratory reference density and water content – Proctor compaction)

4 Aggiunte

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

È ammesso l'utilizzo di **ceneri volanti**, conformi alla norma UNI EN 450, sia a integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza.

E' consigliata l'aggiunta d'**idrossido di calce**, fino al 2% del peso della miscela per migliorare le prestazioni e la lavorabilità.

5 Miscela

La miscela di aggregati naturali e/o di riciclo da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella A.3.

Tabella A.3		MISTO CEMENTATO	
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA			
Serie ISO	mm	% di passante	
Setaccio	40	100	
Setaccio	31,5	90 - 100	
Setaccio	22,4	81 - 88	
Setaccio	16	60 - 80	
Setaccio	11,2	49 - 70	
Setaccio	8	40 - 55	
Setaccio	5,6	31 - 46	
Setaccio	4	26 - 40	
Setaccio	2	17 - 30	
Setaccio	1	12 - 22	
Setaccio	0,5	6 - 15	
Setaccio	0,25	4 - 10	
Setaccio	0,125	2 - 6	
Setaccio	0,063	2 - 5	

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti, ed il contenuto d'acqua della miscela, saranno espressi come percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati.

Tali percentuali saranno stabilite con specifici studi di laboratorio secondo quanto previsto dalla UNI EN 14227-5. In alternativa potrà essere adottato il metodo indicato dal B.U. CNR N. 29.

Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella A.4.

Tabella A.4		MISTO CEMENTATO			
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Classi di resistenza
Resistenza a compressione a 28gg	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Resistenza a trazione indiretta a 28gg	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Modulo di rigidezza a 28 gg - 124ms (*)	UNI EN 12697 - 26 Appendice C	S	GPa	3,0 - 8,0	Categoria T2 - T4

(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm².

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

B – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Appaltatore è tenuto a trasmettere alla Direzione Lavori, con almeno 15 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, una documentazione riguardante il progetto le miscele che intende impiegare comprendente almeno:

- l'attestato di conformità CE delle pezzature di aggregato impiegate;
- i certificati di prova attestanti il possesso degli ulteriori requisiti delle Tabelle A.1 e A.2;
- la granulometria delle miscele di aggregati studiate;
- la composizione delle miscele studiate (acqua, cemento, aggregato, additivi, aggiunte);
- i risultati delle prove meccaniche;

La Direzione Lavori può inoltre richiedere che anche le proprietà dichiarate negli attestati di conformità CE dei materiali siano comprovati dai risultati di prove effettuate da non più di un anno presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Una volta accettata, da parte della Direzione Lavori la composizione delle miscele, l'Appaltatore deve rigorosamente attenersi ad essa.

L'Appaltatore deve inoltre indicare le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

La documentazione presentata per l'accettazione delle miscele deve essere aggiornata in caso di variazione dei luoghi di provenienza e della natura petrografia dei materiali. Ogni 2 mesi l'Appaltatore deve trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al Controllo di Produzione di Fabbrica delle pezzature di aggregato utilizzate. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori può richiedere la ripetizione dei controlli sui materiali effettuati presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

C – CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

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. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

Il processo di produzione deve essere conforme all'Allegato B delle Norme UNI EN 14227-1 (Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali) e UNI EN 14227-5 (Miscele legate con legante idraulico per strade).

D – PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaie

presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. 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.

E – POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di questo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. E' 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 sarà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

La miscela deve essere stesa per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Le operazioni di compattazione dello strato saranno realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino un'elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

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 cassaforma e togliendo la cassaforma al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della cassaforma si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere 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.

F – PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1,5 kg/m² (riguardo al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se la resistenza necessaria del misto risulta raggiunta e comprovata.

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

G – 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 indicate nella Tabella G.1.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno eseguiti i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato, resistenza a compressione, resistenza a trazione indiretta. I valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori.

Sullo strato finito saranno eseguiti i controlli dello spessore, della densità in sito e della portanza.

Lo **spessore** dello strato sarà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, calcolando la media delle misure (quattro per ogni punto controllato) rilevate da saggi ovvero da fori di carote (quando l'estrazione risulta possibile), assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto sarà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,1 s^2$$

dove s è lo scostamento in percentuale dal valore di progetto.

Nei casi in cui il valore di s risulti superiore a 20 (carenza di spessore superiore al 20%) si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

A compattazione ultimata la **densità** in sito (DIN 18125), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% della massa volumica massima del secco ottenuta in laboratorio con la prova Proctor Standard secondo la Norma UNI EN 13286-2 o, in alternativa la norma DIN 18127.

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:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito (γ_s) rispetto a quella di laboratorio ($\gamma_{s \text{ ottimo}}$) valutato con:

$$s = 100 (0,98\gamma_{s \text{ ottimo}} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s \text{ ottimo}}$$

Valori della densità inferiori al 95% del valore di riferimento comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La misura della **portanza** viene determinata 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 E_{v2} deve risultare non inferiore a 160 MN/m² entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 200 MN/m² dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato.

Nei casi in cui il valore di portanza entro le 24 ore risulti superiore al valore minimo ($E_{v2} \geq 180 \text{ MN/m}^2$) lo strato viene accettato senza l'ulteriore controllo a 3 giorni.

Per valori medi del modulo E_{v2} , determinati con prove di carico su piastra dopo 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MN/m² verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [p/2,5]^2$$

dove p è la differenza tra il valore di E_{v2} riscontrato (dopo 3 giorni) ed il valore minimo richiesto (200 MN/m²).

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_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Valori del modulo E_{v2} (dopo 3 giorni) inferiori a 160 MN/m² e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} 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.

La Direzione Lavori, quando lo ritiene necessario, può richiedere ulteriori controlli mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD).

L'85° percentile dei valori del **modulo elastico**, rilevati dopo 90 giorni dalla posa in opera, non deve essere superiore a 12,0 GPa. Il 15° percentile degli stessi valori non deve essere inferiore a 4,0 GPa. Per valori dell'85° percentile del modulo elastico superiori a 12,0 GPa viene applicata allo strato di misto cementato e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dal misto cementato al tappeto di usura) una detrazione pari al 10%.

Per valori del modulo elastico al 15° percentile inferiori a 4,0 GPa viene applicata allo strato di misto cementato e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dal misto cementato al tappeto di usura) una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (s+s^2)$$

dove s è la differenza tra 4 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Le penali in precedenza 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 G.1

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato naturale	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Aggregato di riciclo	Impianto	Riferimento Tabella A.2	Riferimento Tabella A.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Misto cementato fresco	Vibro finitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ³ di stesa	Curva granulometrica di progetto; Contenuto di cemento, R _c , R _t
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ³ di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza) 3 giorni dopo la posa in opera	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	E _{v2} ≥ 200 MN/m ² E _{v2} / E _{v1} ≤ 2,15

Premessa

Le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“, che costituiscono la base di riferimento per tutti i documenti che regolano la costruzione delle strade in Alto Adige, sono in vigore dal 17 novembre 2006; questo vale anche per il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, elaborato nel 2015 dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade.

Ai sensi della circolare del Ministero dell’Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per promuovere l’utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera in data 11/04/2017 n. 398 ha approvato le ”Linee Guida sulla qualità e l’utilizzo dei materiali riciclati”.

Si è pertanto ritenuta opportuna l’elaborazione di queste direttive aggiornate allo stato dell’arte e delle conoscenze con il titolo “Direttive tecniche per il sottofondo stradale”, elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade, ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale in data 18/05/2017 con il parere positivo n. 12 (atto n. 8-294).

Le “Direttive tecniche per il sottofondo stradale” in caso di dubbio o di conflitto prevalgono su tutti gli altri documenti e direttive della Provincia Autonoma di Bolzano riferiti alla stessa materia, poiché più dettagliate e più aggiornate.

Articolo 6

FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA

Le miscele stabilizzate con cemento ed emulsione bituminosa, da impiegare negli strati di fondazione, sono costituite da aggregati vergini ovvero da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso fresato che possono arrivare fino al 100%.

Queste miscele trovano impiego sia nella costruzione sia negli interventi di manutenzione di pavimentazioni stradali ed aeroportuali.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso fresato, misto cementato, misto granulare, tout venant eventualmente integrati con aggregati vergini (di primo impiego). Non è escluso l’impiego di soli aggregati di primo impiego. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo-argillose (IP>0), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) ovvero preventivamente tratte con calce.

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato), nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori a 31,5 mm. Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all’impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo si discosti dal fuso indicato nella Tabella A.1 la Direzione Lavori potrà ordinarne l’integrazione mediante l’aggiunta di aggregati di primo impiego di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso previsto.

Tabella A.1

Serie setacci ISO		Passanti
	mm	%
Setaccio	40	100
Setaccio	31,5	80-100
Setaccio	16	58-92
Setaccio	8	42-76
Setaccio	4	30-56
Setaccio	2	18-40
Setaccio	0,5	9-25
Setaccio	0,063	3-8

Gli aggregati di primo impiego sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali: rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati e i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso e l'aggregato fine possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, siano soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabelle A.2 e A.3.

Tabella A.2

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Dimensione max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

Tabella A.3

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantità di frantumato			%	100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤ 25	-

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A2 e A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori richiederà certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Emulsione bituminosa

Il legante bituminoso viene inserito sotto forma di emulsione bituminosa. Tale emulsione deve essere specificatamente formulata, cioè di bitume distillato, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B10), con le caratteristiche riportate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	≤ 0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	P	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	T	°C	≤ -8	

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa riportati in Tabella A.4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

3) Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders). È preferibile usare legante idraulici resistente ai solfati (SR 0) e a basso calore d'idratazione, il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

4) Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

B) STUDIO DELLA MISCELA

Le percentuali ottimali di cemento, acqua ed emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono esser eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono esser prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche per via umida (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli inerti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni riportate nella Tabella B.1.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

- Tipo di fustella: NON drenata
- Angolo di rotazione: 1.25° ± 0.02°
- Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto
- Pressione verticale: 600 kPa
- Dimensioni provino: 150 mm
- n° giri: 100
- Peso campione: 2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Tabella B.1						
Cemento [%]	2,0					
Acqua [%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Provini [n°]	3	3	3	3	3	3

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e di emulsione bituminosa, come indicato nelle Tabella B.2.

Tabella B.2									
Acqua [%]	Contenuto ottimo								
Cemento [%]	1,5			2,0			2,5		
Emulsione bituminosa [%]	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5
Provini [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire resistenza a trazione diametrale ITS > 0,35 MPa.

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare :

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto 5 ± 0.2 μm) secondo la Norma UNI EN 12697/26;
- perdita di resistenza dopo imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.
- perdita di resistenza dopo saturazione in acqua (per il tempo necessario al raggiungimento del peso costante) e 15 cicli gelo – disgelo (-20°C/+20°C).

La miscela ottima di progetto è quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua, resistenza a trazione indiretta e resistenza a compressione dopo cicli gelo – disgelo maggiore del 50% di quella ottenuta su provini non trattati.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per gli aggregati riciclati, di +/- 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di +/- 0,25.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONE POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa, può essere realizzata mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno n 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento della miscela ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso > 18 ton con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico > 25 ton.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa all'impianto di riciclaggio semovente, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione a lenta rottura, eventualmente anche la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

D) CONTROLLI

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

La frequenza dei controlli sarà di norma ogni 5000 m² di superficie realizzata (trattata). La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli riguardo all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati dovrà essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione oppure in sito, dopo un passaggio della macchina riciclatrice (pulvimixer).

Sulla miscela con i leganti vengono determinate: la percentuale di bitume (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) e la percentuale d'acqua. Su provini confezionati con pressa giratoria vengono eseguite prove di resistenza a trazione indiretta e modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta.

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante defletto metro a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD). Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati lo spessore, il peso di volume la resistenza a trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42:2006) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C).

A compattazione ultimata la **densità secca** in situ (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento può essere costituito dall'addensamento ottenuto in laboratorio sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di **trazione indiretta** (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta ITS non deve essere inferiore a 0,35 MPa.

Il **modulo di rigidezza** alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria a densità di progetto (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C e dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperature a 40°C deve essere < del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il **modulo elastico**, rilevato dopo 90 giorni dal trattamento con *Falling Weight Deflectometer*, e riferito alla temperatura di 20°C, al 15° percentile non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 1,5 e 3,0 GPa viene applicata allo strato di fondazione una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10s + 5s^2$$

dove s è la differenza tra 3 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 1,5 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di fondazione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidità determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (*dynamic plate-load test*). Il **modulo dinamico** E_{vd} dopo la compattazione non deve essere inferiore a 70 MPa nel 90% dei punti analizzati. Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25°C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25°C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25°C. L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza d'impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una piastra di diametro di 300 mm. La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere sistemata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia mono - granulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contatto tra piastra e pavimentazione, oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.







Sichtvermerke i. S. d. Art. 13 L.G. 17/93
über die fachliche, verwaltungsgemäße
und buchhalterische Verantwortung

Visti ai sensi dell'art. 13 L.P. 17/93
sulla responsabilità tecnica,
amministrativa e contabile

Der Amtsdirektor 31/05/2017 16:13:07 Il Direttore d'ufficio
MAIR VOLKMAR

Der Abteilungsdirektor 01/06/2017 08:05:52 Il Direttore di ripartizione
MISCHI GUSTAVO

Laufendes Haushaltsjahr

Esercizio corrente

La presente delibera non dà luogo a
impegno di spesa.
Dieser Beschluss beinhaltet keine
Zweckbindung

zweckgebunden

impegnato

als Einnahmen
ermittelt

accertato
in entrata

auf Kapitel

sul capitolo

Vorgang

operazione

Der Direktor des Amtes für Ausgaben 06/06/2017 09:27:12 Il direttore dell'Ufficio spese
NATALE STEFANO

Der Direktor des Amtes für Einnahmen Il direttore dell'Ufficio entrate

Diese Abschrift
entspricht dem Original

Per copia
conforme all'originale

Datum / Unterschrift

data / firma

Abschrift ausgestellt für

Copia rilasciata a



Der Landeshauptmannstellvertreter
Il Vice-Presidente della Provincia

TOMMASINI CHRISTIAN

13/06/2017

Der Generalsekretär
Il Segretario Generale

MAGNAGO EROS

13/06/2017

Es wird bestätigt, dass diese analoge Ausfertigung, bestehend - ohne diese Seite - aus 112 Seiten, mit dem digitalen Original identisch ist, das die Landesverwaltung nach den geltenden Bestimmungen erstellt, aufbewahrt, und mit digitalen Unterschriften versehen hat, deren Zertifikate auf folgende Personen lauten:

nome e cognome: Christian Tommasini

Si attesta che la presente copia analogica è conforme in tutte le sue parti al documento informatico originale da cui è tratta, costituito da 112 pagine, esclusa la presente. Il documento originale, predisposto e conservato a norma di legge presso l'Amministrazione provinciale, è stato sottoscritto con firme digitali, i cui certificati sono intestati a:

nome e cognome: Eros Magnago

Die Landesverwaltung hat bei der Entgegennahme des digitalen Dokuments die Gültigkeit der Zertifikate überprüft und sie im Sinne der geltenden Bestimmungen aufbewahrt.

Ausstellungsdatum

13/06/2017

Diese Ausfertigung entspricht dem Original

L'Amministrazione provinciale ha verificato in sede di acquisizione del documento digitale la validità dei certificati qualificati di sottoscrizione e li ha conservati a norma di legge.

Data di emanazione

Per copia conforme all'originale

Datum/Unterschrift

Data/firma