



**Beschluss
der Landesregierung**

**Deliberazione
della Giunta Provinciale**

Nr. 276
Sitzung vom 28/03/2023

Seduta del

Betreff:

Genehmigung des "Handbuch zum
Asphaltstraßenbau und für die
Instandhaltung bituminöser Fahrbahnen"

Oggetto:

Approvazione del "Prontuario per la
costruzione e la manutenzione delle
pavimentazioni stradali"

Vorschlag vorbereitet von
Abteilung / Amt Nr.

11.6

Proposta elaborata dalla
Ripartizione / Ufficio n.

NACH EINSICHT in das G.v.D. vom 18. April 2016 Nr. 50 in geltender Fassung;

NACH EINSICHT in das LG Nr. 16 vom 17.12.2015 – Bestimmungen über die öffentliche Auftragsvergabe, gemäß welchem die Landesregierung die „Besonderen Vergabebedingungen“ für die wichtigsten Kategorien von Bauwerken standardisiert;

VORAUSGESCHICKT, dass die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für die Planung, den Bau und die Instandhaltung von Mobilitätsinfrastrukturen unter Berücksichtigung der ökologischen Nachhaltigkeit in der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol“ mit Dekret des Landeshauptmannes am 14. Februar 2022 in Kraft getreten sind und dass sie als Referenz für die obgenannten Vergabebedingungen dienen;

STELLT FEST, dass das im Beschluss der Landesregierung Nr. 12 in der Sitzung vom 12.01.2016 genehmigte „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ ebenfalls als Referenz für die obgenannten Vergabebedingungen dient;

STELLT FEST, dass im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, die Landesregierung mit Beschluss Nr. 1030 vom 27.09.2016 die „Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen“ und mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen hat;

NACH EINSICHT in den Beschluss der Landesregierung Nr. 416 vom 11.05.2021, mit welchem die von den Abteilungen Tiefbau, Hochbau und Technischer Dienst und Straßendienst, verfassten „Technischen Richtlinien für bituminöse Beläge, Straßenober- und Unterbau (Version 2021)“; genehmigt wurden;

VISTO il Decreto Legislativo 18 aprile 2016 n. 50 in forma vigente;

VISTA la LP n. 16 del 17.12.2015 – Disposizioni sugli appalti pubblici, in base alla quale la Giunta Provinciale provvede a standardizzare i “Capitolati speciali d'appalto” per le categorie più importanti di opere;

PREMESSO che dal 14 febbraio 2022 è in vigore il Decreto del Presidente della Provincia sulle “Norme funzionali e geometriche per la progettazione, la costruzione e la manutenzione di infrastrutture per la mobilità nel rispetto della sostenibilità ambientale nella Provincia Autonoma di Bolzano” che costituiscono la base di riferimento per i sopraccitati capitolati speciali d'appalto;

DATO ATTO che il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, approvato con deliberazione della giunta Provinciale n. 12 nella seduta del 12.01.2016 costituisce altresì la base di riferimento per i sopraccitati capitolati speciali d'appalto;

DATO ATTO che 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 del 27.09.2016 n. 1030 ha emanato le “Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati”, ed in data 11.04.2017 con delibera n. 398 ha approvato le “Linee Guida sulla qualità e l'utilizzo dei materiali riciclati”;

VISTA la deliberazione della giunta Provinciale Nr. 416 del 11.05.2021 in cui venivano approvate le “Direttive tecniche per pavimentazioni bituminose, fondazioni e sottofondi stradali (Versione 2021)” elaborate dalle Ripartizioni Infrastrutture, Edilizia e servizio tecnico e Servizio Strade;

NACH EINSICHT in die „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) betreffend Straßenbauarbeiten – Oberbauschichten aus bituminösem Mischgut“

NACH EINSICHT in das von den Abteilungen Tiefbau, Hochbau und Technischer Dienst und Straßendienst verfasste „Handbuch zum Asphaltstraßenbau und für die Instandhaltung bituminöser Fahrbahnen“. (Version 2023)“;

STELLT FEST, dass der technische Landesbeirat dazu das positive Gutachten Nr. 4 vom 13.02.2023 (Akt Nr.: 8-294) erteilt hat;

und

b e s c h l i e ß t

einstimmig in gesetzlich vorgeschriebener Form:

1. das beiliegende „Handbuch zum Asphaltstraßenbau und für die Instandhaltung bituminöser Fahrbahnen“ (Version 2023)“, welches wesentlicher Bestandteil dieses Beschlusses bildet, zu genehmigen
2. festzulegen, dass das „Handbuch zum Asphaltstraßenbau und für die Instandhaltung bituminöser Fahrbahnen“. (Version 2023)“ unerlässliche praktische Vorschriften für einen ordnungsgemäßen Straßenbau und einer ordnungsgemäßen Straßeninstandhaltung enthält.
3. diesen Beschluss gemäß Artikel 4, Abs. 1. Buchstabe d) des Regionalgesetzes vom 19.06.2009, Nr. 2 im Amtsblatt der Region zu veröffentlichen, da die entsprechende Maßnahme an die Allgemeinheit gerichtet ist

DER LANDESHAUPTMANN

DER GENERALSEKRETÄR DER L. R.

VISTE le “Disposizioni Tecniche Contrattuali, (DTC), riguardanti le costruzioni stradali – sovrastrutture stradali in conglomerato bituminoso”

VISTO il “Prontuario per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali” (versione 2023), elaborato dalle Ripartizioni Infrastrutture, Edilizia e servizio tecnico e Servizio Strade;

DATO ATTO che il Comitato Tecnico Provinciale ha espresso in merito il parere positivo n. 4 del 13.02.2023 (pratica nr.: 8-294);

e

d e l i b e r a

a voti unanimi espressi nei modi di legge:

1. di approvare l'allegato “Prontuario per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali” (versione 2023), che fa parte integrante della presente deliberazione
2. di dare atto che il “Prontuario per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali” (versione 2023)“ da indicazioni pratiche indispensabili per una corretta costruzione e manutenzione delle pavimentazioni stradali.
3. di provvedere alla pubblicazione della presente delibera nel Bollettino Ufficiale della Regione, ai sensi dell'articolo 4, comma 1, lettera d) della legge regionale 19 giugno 2009, N. 2, in quanto trattasi di un atto destinato alla generalità dei cittadini

IL PRESIDENTE DELLA PROVINCIA

IL SEGRETARIO GENERALE DELLA G.P.



Handbuch zum Asphaltstraßenbau und für die Instandhaltung bituminöser Fahrbahnen

Prontuario per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali

Projekt der Abteilungen 10, 11, 12

Progetto delle Ripartizioni 10, 11, 12

Arbeitsgruppe:

Gruppo di lavoro:

Maurizio Bocci, Johannes Strimmer,
Tiziana Corapi, Veronica Cavada,
Umberto Simone, Gabriella Zanetti,
Davide Maniezzo, Roberto Giordani,
Volkmar Mair, Ulrich Obojes, Renza
Espen, Sergio Finozzi, Mauro Caresia,
Stephan Bauer, Götz Rufinatscha,
Klaus Kaneider

Maurizio Bocci, Johannes Strimmer,
Tiziana Corapi, Veronica Cavada,
Umberto Simone, Gabriella Zanetti,
Davide Maniezzo, Roberto Giordani,
Volkmar Mair, Ulrich Obojes, Renza
Espen, Sergio Finozzi, Mauro Caresia,
Stephan Bauer, Götz Rufinatscha,
Klaus Kaneider

Kardaun, den 01.02.2023

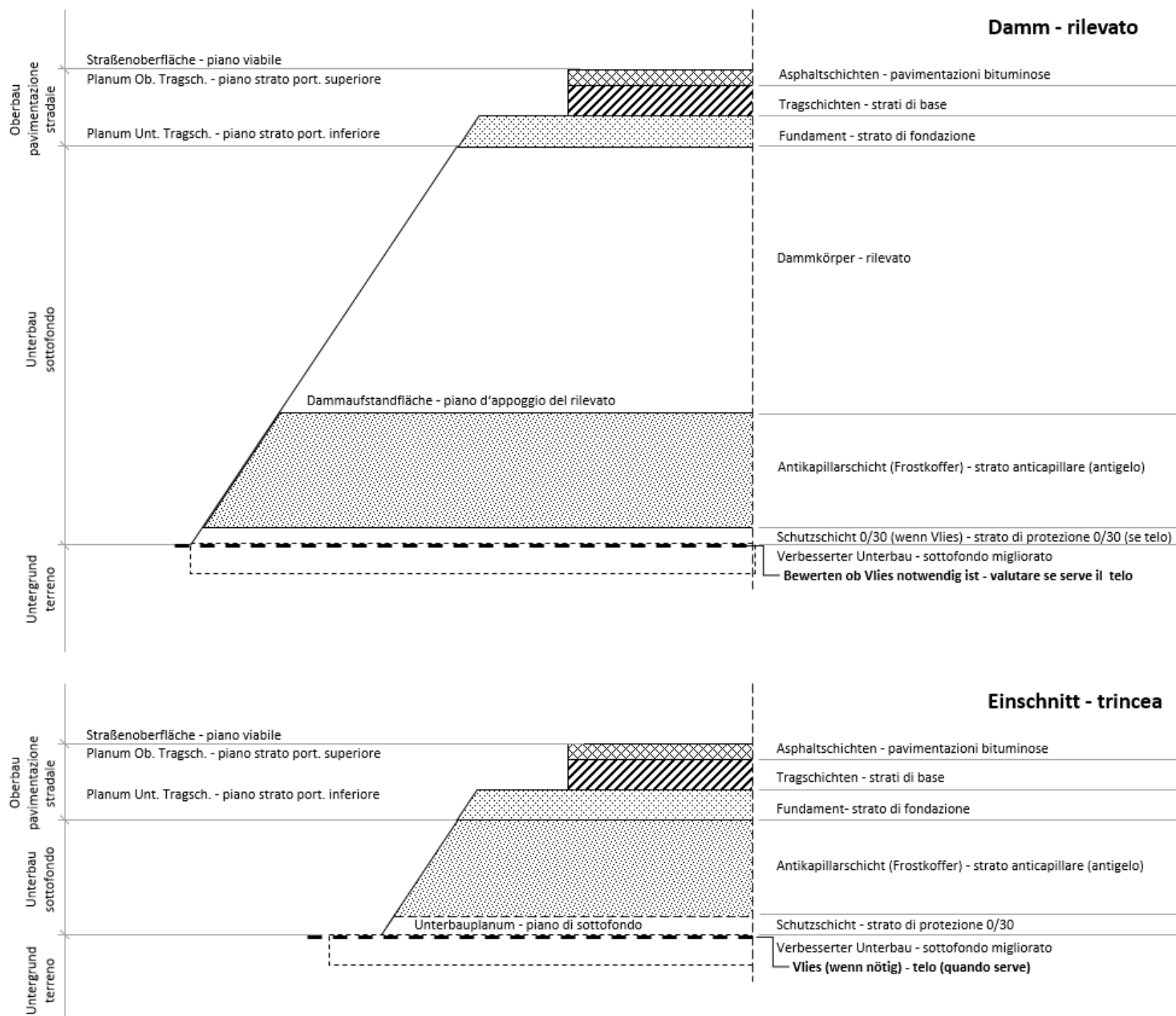
Cardano, li 01.02.2023



Inhaltsverzeichnis - Indice

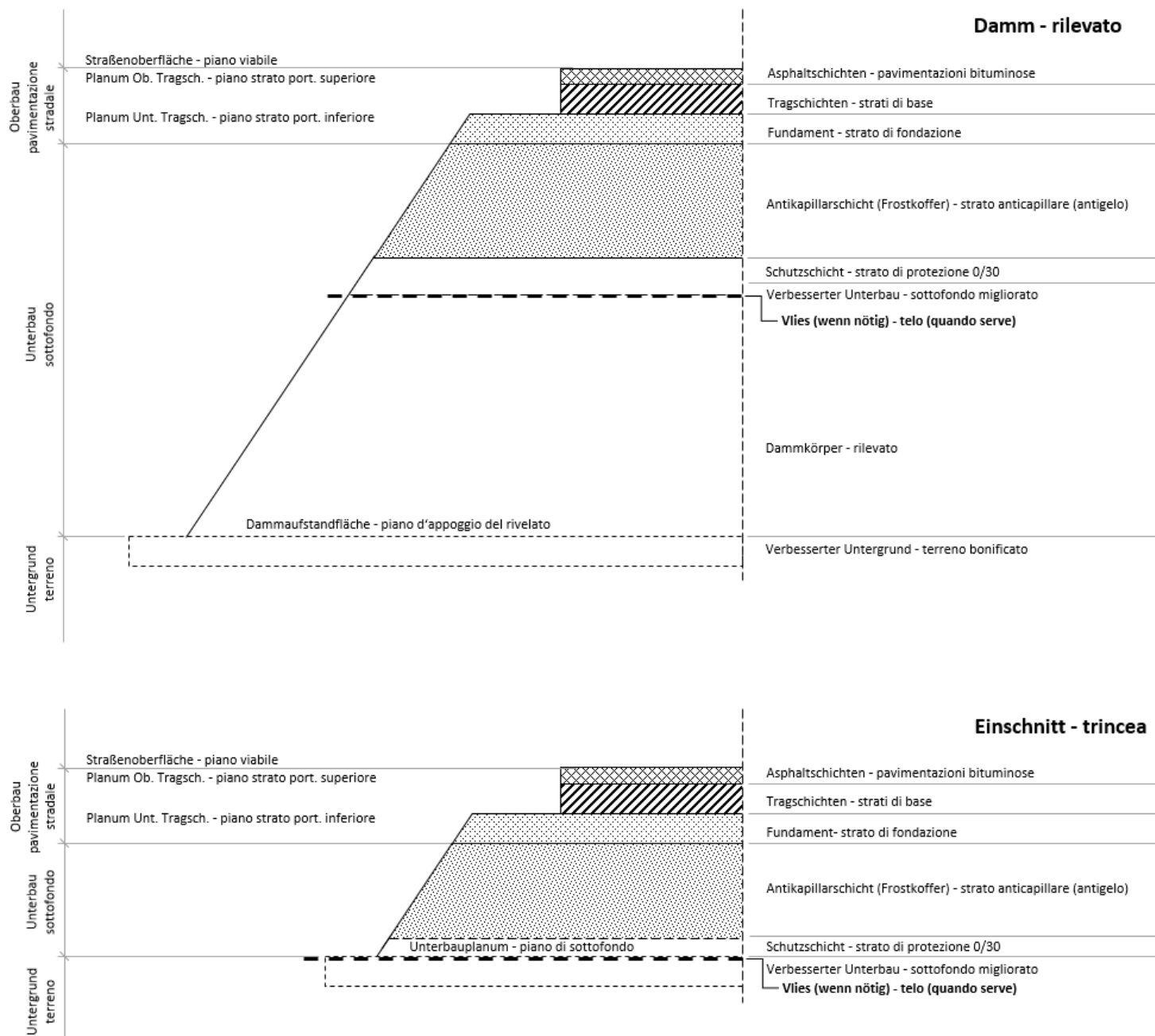
1. Aufbau einer Asphaltstraße Struttura di una strada con pavimentazione bituminosa	3
2. Projektierung der Straßenoberbauten (Neubau) Progetto della pavimentazione (nuove strade)	5
2.1 Straßenunterbau Sottofondo	5
2.2 Fundament des Straßenkörpers Fondazione stradale	7
2.3 Stabilisierung mit Zement oder mit Kalk und Zement Stabilizzazione a cemento oppure a calce e cemento	8
2.4 Hydraulisch gebundene Tragschicht Misto cementato	9
2.5 Stabilisierung mit Zement und Bitumenemulsion Stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata	12
2.6 Tragschicht im Heiß- oder Kaltverfahren Base a caldo e base a freddo	13
2.7 Binder Binder	15
2.8 Verzeichnis der Bezugsbauweisen der Straßenbeläge Catalogo delle pavimentazioni	16
3. Bituminöses Mischgut Conglomerati bituminosi	18
3.1 Typen von Bitumen welcher zur Herstellung von Mischgut zu verwenden ist. Tipo di bitume da impiegare nei conglomerati bituminosi	18
3.2 Zusatzstoffe Additivi	20
3.3 Haftschrift/Verankerungsschicht Mano d'attacco/ancoraggio	22
3.4 Vorkehrungen beim Einbau Accorgimenti in fase di stesa	25
3.5 Ausführung der Arbeiten unter schlechten Bedingungen Esecuzione dei lavori in condizioni difficili	27
3.6 Die Wahl der Verschleißschicht La scelta del tipo di tappeto di usura	28
4. Instandhaltung der bestehenden Straßen Manutenzione delle pavimentazioni esistenti	32
4.1 Ursache des Verfalls und Arten der Schäden Cause del degrado e tipi di ammaloramento	32
4.2 Erneuerung des Asphaltbelages Rifacimento totale della pavimentazione	34
4.3 Teilsanierung des Asphaltbelages Rifacimento parziale della pavimentazione	35
4.4 Verbreiterung der Fahrbahn Allargamento della pavimentazione stradale	37
4.5 Erneuerung der Verschleißschicht Rifacimento del solo tappeto di usura	38
5. Kontrollen Controlli	40

1. Aufbau einer Asphaltstraße - Neubau Struttura di una strada con pavimentazione bituminosa - nuova costruzione





1. Aufbau einer Asphaltstraße - Sanierungsprojekt Struttura di una strada con pavimentazione bituminosa - risanamento





2. Projektierung der Straßenoberbauten (Neubau) Progetto della pavimentazione (nuove strade)

Straßenoberbauten müssen zwei Aufgaben erfüllen: die Verkehrslasten aufzunehmen zu verteilen und an den Untergrund abzuleiten, sowie die Sicherheit und den Fahrkomfort der Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten.

La **pavimentazione stradale** ha la duplice funzione di ripartire i carichi di traffico in modo che arrivino al sottofondo adeguatamente attenuati e quella di garantire il transito dei veicoli in condizioni confortevoli e sicure

2.1 Straßenunterbau Sottofondo

Als **Straßenunterbau** wird der Boden unterhalb des Straßenoberbaus (Schichtstärke ca. 1m) bezeichnet. Von seiner Zusammensetzung hängt maßgebend die Lebensdauer des Straßenbelages ab. Ist der Unterbau aus feinkörnigen Böden (Schluff und/oder Ton) aufgebaut und ist darin noch Wasser enthalten, ist die Tragfähigkeit eingeschränkt und die darüber liegende Struktur wird schnell verschlissen. Dieser Zustand zeigt sich an einen weit verbreiteten, stark zerklüfteten Bestand des Straßenbelages, der so genannten „Krokodilhaut“, welche alle Belagsschichten, von der Tragschicht bis zur Deckschicht durchzieht.

In den Gebirgsgegenden (über 1500 m), wo die Temperaturen mehrere Monate lang unter dem Gefrierpunkt liegen, bilden sich innerhalb des schluffig-tonigen Straßenunterbaus Eislinsen, welche die Oberbauschichten anheben. Wenn im Späthfrühling die Schmelze eintritt, hinterlässt das schmelzende Eis im Straßenunterbau große Hohlräume, die unter der Verkehrsbelastung nachgeben und den Straßenoberbau aufreißen lassen.

In Klimabereichen, in denen sich im Unterbau Frost bilden kann, muss unterhalb des im Verzeichnis vorgesehenen Schichtpaketes, bestehend aus bituminösen Schichten und Tragschicht, eine Frostschutzschicht (Frostkoffer) in geeigneter Stärke eingebracht werden.

Die Frosttiefe ist anhand der historischen klimatischen Daten zu ermitteln, sicherheitshalber ist die Tiefe um 30% zu erhöhen.

Liegt die effektive Frosttiefe innerhalb der bituminös gebundenen Schichten, kann vom Einbau einer Frostschutzschicht (Frostkoffer) abgesehen werden.

Liegt die effektive Frosttiefe innerhalb des vom Verzeichnis vorgesehenen Schichtpaketes

Il **sottofondo** è il volume di terra che si trova sotto la pavimentazione stradale (spessore di circa un metro). Esso incide in modo sostanziale sulla vita utile della pavimentazione. Quando il sottofondo è costituito da terre fini (limi e/o argille), in presenza di acqua, non garantisce un adeguato livello di portanza e la sovrastruttura si deteriora molto rapidamente.

Tale condizione si manifesta con uno stato fessurativo diffuso, a pelle di coccodrillo, che interessa tutti gli strati, dalla base al tappeto di usura.

Lo stesso tipo di sottofondo, limoso-argilloso, nelle zone di montagna (oltre i 1500 m), dove la temperatura resta sotto lo zero per diversi mesi, determina la formazione di lenti di ghiaccio che sollevano la pavimentazione. Quando nella tarda primavera avviene il disgelo, il ghiaccio che si scioglie lascia all'interno del sottofondo grosse cavità che, cedendo sotto i carichi di traffico, fanno rompere la pavimentazione stradale.

Nelle zone climatiche in cui ricorrono le condizioni per la formazione del gelo nei sottofondi, al di sotto del pacchetto di pavimentazione prevista dal Catalogo, costituita da strati bituminosi e di fondazione, è necessario inserire un adeguato spessore di materiali antigelo.

Sulla base dei dati climatici storici deve essere preliminarmente individuata la profondità di formazione del gelo. Per maggiore sicurezza tale quota deve essere incrementata del 30%.

Se la profondità del gelo interessa solo gli strati di conglomerato bituminoso, lo strato di protezione antigelo può essere escluso.

Se la quota del gelo si trova all'interno degli strati di pavimentazione prevista dal Catalogo e la



(Oberbau) und beträgt der Abstand zwischen der effektiven Frosttiefe und dem Planum an der Basis des Schichtpakets ≤ 30 cm, muss eine Antikapillarschicht von 30 cm Schichtstärke eingebaut werden, wobei gegebenenfalls ein Teil des Unterbaus auszutauschen ist. Liegt die Frosttiefe über 30 cm unterhalb des vorgesehenen Schichtpakets, so muss zwischen der Antikapillarschicht und der Basis des Schichtpaketes eine zusätzliche ungebundene Tragschicht eingebaut werden.

Die Antikapillarschicht verhindert nicht nur aufsteigende Wasserzutritte aus dem Unterbau, sondern dient auch als Dränage für die Wässer aus Straßenböschungen und der unmittelbaren Umgebung der Straße. Dieses Wasser ist aufzufangen und abzuleiten, deshalb muss das Planum an der Basis der Antikapillarschicht eine Neigung von mindestens 4% aufweisen. An der tiefer gelegenen Seite ist etwa 30 cm unterhalb des Planums ein, im Filterkies eingebettetes, Dränagerohr zu verlegen.

Die Antikapillarschicht besteht aus natürlichem körnigen Material (Kies, Mittelkies, Feinkies) mit einer Korngrößenverteilung zwischen 30 und 70 mm, mit einem Feinanteil < 2 mm von max. 15 Gewichtsprozent, und einem Anteil $< 0,063$ mm von max. 3%.

Im natürlichen körnigen Material dürfen keine instabilen Bestandteile (frostanfällig, weich, löslich, u. ä.) oder organische Reste enthalten sein.

Recycelte Materialien (Bau- und Abbruchmaterialien einschließlich gefrästen Asphalts) dürfen nicht verwendet werden.

Der obere Teil der Antikapillarschicht muss mit 5 - 10 cm Korngemisch (0-30 mm) aufgefüllt werden, das sorgfältig gewalzt werden muss, um eine ebene Verlegefläche mit ausreichender Tragfähigkeit zu schaffen, damit eine effektive Verdichtung der darüberliegenden Tragschicht möglich ist (Ambosseffekt).

Besteht die Gefahr, dass die Antikapillarschicht von der darunter liegenden Schicht aufgenommen wird oder dass Feinmaterial aufsteigt, muss ein Geotextil oder ein Geoverbundstoff unter der Antikapillarschicht verlegt werden. Die Verwendung von Geotextilien oder Geoverbundstoffen oberhalb der

distanza tra quota del gelo e piano d'appoggio della fondazione è minore o uguale a 30 cm, allora al di sotto del piano d'appoggio deve essere inserito uno strato anticapillare dello spessore di 30 cm, eventualmente rimuovendo una parte del sottofondo. Qualora invece la quota del gelo si trovasse oltre 30 cm al di sotto dello strato di pavimentazione previsto, si renderà necessario inserire un ulteriore spessore di misto granulare tra lo strato anticapillare e il sovrastante strato di pavimentazione.

Poiché lo strato anticapillare, oltre ad impedire la risalita dell'acqua dal sottofondo, può drenare acqua dalle scarpate o dai terreni adiacenti è necessario prevedere la raccolta e l'allontanamento di tale acqua. In tal senso è necessario che il piano di posa dello strato anticapillare abbia una pendenza trasversale non inferiore al 4% e che sul lato più basso sia previsto un drenaggio con tubo drenante posto circa 30 cm più in basso.

Lo strato anticapillare deve essere costituito da materiali granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino), con granulometria compresa tra 30 e 70 mm, 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 risultare del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali.

Non è ammesso l'impiego di materiali riciclati da C&D (materiali da costruzioni e demolizioni che comprendono anche il fresato di conglomerato bituminoso).

La parte superiore dello strato anticapillare deve essere intasata mediante la stesa di 5 – 10 cm di misto granulare (0-30 mm) che deve essere accuratamente rullato al fine di realizzare un piano di posa regolare e di adeguata portanza, tale da consentire una efficace compattazione dello strato di fondazione (effetto incudine).

Qualora il materiale anticapillare rischi di essere inglobato dallo strato sottostante, oppure si possa verificare la risalita di materiali fini, al di sotto dello strato anticapillare deve essere steso un telo di geotessile o di geocomposito. E' invece da escludere in modo assoluto l'impiego di geotessili o geocompositi sopra lo strato anticapillare (tra lo strato anticapillare e lo strato di fondazione).



Antikapillarschicht (zwischen Antikapillarschicht und Tragschicht) ist absolut untersagt.

Ein in Bezug auf die Dicke der verschiedenen Schichten und die Qualität der verwendeten Materialien "wichtiger" Straßenbelag reduziert die durch den Verkehr verursachten Spannungen im Unterbau und verlängert so die Lebensdauer des Oberbaus, aber wenn die Tragfähigkeit sehr gering ist, kommt es auch schnell zum Versagen.

Daher ist es wichtig, die Qualität des Untergrunds zu überprüfen und ihn gegebenenfalls zu verbessern, indem schlechtes (ungeeignetes) Material durch angemessenes Material ersetzt oder durch Beimischung von Kalk und/oder Zement stabilisiert wird.

Um das Phänomen der Frostbildung zu vermeiden, muss der Belag durch Drainage- und Anti-Kapillarschichten geschützt werden, damit das Wasser nicht bis in die Tiefe aufsteigt, in der sich Frost bilden kann.

Der Oberbau erfüllt seine strukturelle Funktion als Abfolge mehrerer Schichten, welche sich im Einzelnen durch Materialzusammensetzung und Schichtstärken unterscheiden.

Una pavimentazione "importante", in termini di spessori dei vari strati e di qualità dei materiali utilizzati, riduce le sollecitazioni indotte dal traffico sul sottofondo, quindi allunga la vita della sovrastruttura, ma se la portanza è molto bassa si arriva ugualmente al collasso in tempi brevi.

E' quindi importante valutare la qualità del sottofondo ed eventualmente procedere al suo miglioramento attraverso la sostituzione del materiale scadente (inadeguato) con materiale idoneo oppure provvedere alla sua stabilizzazione mediante la miscelazione con calce e/o cemento. Per eliminare il fenomeno della gelività occorre proteggere la pavimentazione con drenaggi e strati anticapillari, in modo da evitare la risalita dell'acqua fino alla profondità cui può arrivare la formazione del gelo.

La pavimentazione esplica la sua funzione strutturale attraverso una serie di strati costituiti da materiali diversi e spessori diversi.

2.2 Fundament des Straßenkörpers Fondazione stradale

Die erste Schicht ober dem Unterbau bildet das eigentliche **Fundament des Straßenkörpers**, dieser kann aus einer stabilisierten Schotterschicht, welche aus natürlichen oder recycelten (Nebenprodukte aus Neubau und Abbruch von Gebäuden, Fräsgut aus bestehenden Straßenbelägen, wiederverwertetes bestehendes Fundament des Straßenkörpers, Aushubmaterial. usw) Zuschlagstoffen besteht und mit oder ohne Behandlung mit Kalk- oder - Zement hergestellt wird.

Recyclingmaterial kann im Fundament des Straßenkörpers und auch in Mischungen mit natürlichen Zuschlagstoffen verwendet werden, sofern es die Anforderungen der technischen Richtlinien erfüllt.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Transport, die Lagerung und die Verwendung von Recyclingmaterial durch spezifische Richtlinien und Umweltnormen (Gesetze) geregelt sind.

Das Material wird in Schichten verlegt mit einer maximalen Stärke bis zu 30 cm, und nicht geringer

Il primo strato al di sopra del sottofondo costituisce la **fondazione stradale** e può essere realizzato con misto granulare stabilizzato oppure con materiali di riciclo (scarti di costruzione e demolizione di opere edili, fresato di conglomerato bituminoso, vecchia fondazione stradale, materiali provenienti dagli scavi, ecc.), con e senza trattamento di stabilizzazione con cemento e/o calce.

Gli aggregati di riciclo possono essere impiegati nello strato di fondazione, anche in miscela con aggregati naturali, purché in possesso dei requisiti previsti dalle Norme Tecniche di Capitolato.

Si evidenzia che il trasporto, lo stoccaggio e l'impiego dei materiali di riciclo è soggetto a specifiche norme (leggi) ambientali.

Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a tre volte il Dmax



als drei Mal den Durchmesser des Größtkorns (D_{max}). Nach der Verdichtung muss er gleichmäßig vermischt sein, wobei die fertige Oberfläche vollkommen eben sein muss.

Etwaige Mängel in der Ebene, Stärke oder Ebenheit dürfen nicht durch Hinzufügen und anschließendes Walzen kleiner Materialmengen korrigiert werden, da dies zur Bildung zweier getrennter, ungleichmäßiger Schichten führen würde. In solchen Fällen muss die schadhafte Schicht zunächst entfestigt (gepflügt oder gefräst) und dann die Integrationsmischung hinzugefügt und erneut verdichtet werden.

2.3 Stabilisierung mit Zement oder mit Kalk und Zement Stabilizzazione a cemento oppure a calce e cemento

Eine Stabilisierung ist notwendig, wenn die direkte Verwendung von natürlichen oder recycelten Materialien die Anforderungen der Technischen Richtlinien für bituminöse Beläge und den Straßenunterbau, die Tragfähigkeit und Frostsicherheit nicht erfüllt.

Die Technik besteht darin, mit geeigneten Stabilisierungsmaschinen (Pulvimixer) Zement mit den Materialien aus dem alten Fundament des Straßenkörpers zu mischen.

Es muss Komposit-Zement (*) verwendet werden welcher widerstandsfähig gegen Sulfate ist (SR 0) und niedrige Hydratationswärme erzeugt.

Der Eingriff kann direkt auf der bestehenden Schicht (oder Schichten) durchgeführt werden, oder auf Materialien, die ausgebaut wurden, um die Kalkstabilisierung zu ermöglichen. Anschließend wird das Material eingebaut, um das neue stabilisierte Fundament des Straßenkörpers herzustellen.

In jenen Fällen wo das zu stabilisierende Material ein Plastizitäts-Index $IP > 6$ hat, muss dieses mit Kalk vorbehandelt werden.

Man kann dafür ungelöschten Kalk oder hydraulischen Kalk verwenden, hauptsächlich aus Kalk Oxid oder -Hydroxid zusammengesetzt.

Die zu verwendende Art von Kalk muss im Zusammenhang mit der vorhandenen Feuchtigkeit im zu behandelnden Material gewählt werden:

Für Böden mit beträchtlicher Feuchtigkeit muss ungelöschter Kalk verwendet werden. Die Kalke müssen direkt von Kalksteinen gebrannt werden,

dell'aggregato. Dopo la rullatura deve presentarsi uniformemente miscelato con la superficie finita perfettamente piana.

Eventuali difetti di quota, spessore o planarità non devono essere corretti con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale in quanto si provocherebbe la formazione di due strati separati e disomogenei. In questi casi lo strato difettoso deve essere preventivamente de-costipato (arato o fresato) procedendo poi all'aggiunta del misto di integrazione e alla nuova compattazione.

La stabilizzazione si rende necessaria quando l'impiego diretto di materiali naturali o di riciclo non consente di raggiungere i requisiti di portanza e di stabilità al gelo previsti dalle Direttive Tecniche per pavimentazioni e sottofondi stradali.

La tecnica consiste nella miscelazione, con idonee macchine stabilizzatrici (pulvimixer), di cemento ai materiali provenienti dalla vecchia fondazione.

Deve essere usato cemento composito(*) resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione.

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).

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 viva o idrata, costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio.

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 calce devono essere ottenute direttamente dal processo di calcinazione



es ist nicht zugelassen Kalk aus Recyclingmaterial zu verwenden.

Das Arbeitsverfahren und die Maschinen verursachen Quer- und Längsverbindungen. Die Längsnähte, die durch die Bearbeitung benachbarter Streifen entstehen, müssen mindestens 15 cm überlappen. Bei Quertugen muss das bereits verdichtete Gemisch in allen Bereichen, in denen der Zement- und/oder Kalkgehalt, die Dicke oder der Verdichtungsgrad unzureichend und/oder ungleichmäßig sind, wieder aufgenommen werden.

Die Verarbeitung (Stabilisierung) darf in der Regel nicht bei Umgebungstemperaturen unter 5°C und über 25°C sowie bei Regen durchgeführt werden. Sie kann jedoch bei Temperaturen zwischen 25°C und 30°C zugelassen werden, sofern die Schutzschicht aus Bitumenemulsion unmittelbar nach dem Mischen und Verdichten aufgebracht wird.

Nach Beendigung der Verdichtungs- und Nachbearbeitungsarbeiten muss das behandelte Material durch Aufsprühen einer überstabilisierten Bitumenemulsion (Bezeichnung gemäß UNI EN 13808: C60B10) mit einer Menge von 1,0 - 1,5 kg/m², je nach Oberflächenporosität und Absorptionsvermögen des oberen Teils der behandelten Schicht, geschützt werden. Die Emulsion muss mit Sand oder Splitt abgedeckt werden, um zu verhindern, dass sie von Baustellenfahrzeugen entfernt wird.

Bei Straßen mit erhöhtem Schwerverkehr müsste oberhalb des Fundaments des Straßenkörpers eine **zusätzliche Tragschicht** vorgesehen werden.

Diese kann mit zementgebundenem Mischgut oder mit Materialien, die mit Zement und Schaumbitumen oder überstabilisierter Bitumenemulsion stabilisiert sind, durchgeführt werden.

2.4 Hydraulisch gebundene Tragschicht Misto cementato

Die **hydraulisch gebundene Tragschicht** versteift die Schichten, und erhöht somit die Tragfähigkeit. Sie ist besonders geeignet für Straßen mit erheblichem Schwerverkehr.

Ihre Steifigkeit ermöglicht eine bessere Verteilung der Verkehrslasten, die abgeschwächt auf den

di roccia calcarea, non è permesso l'impiego di calci ottenute da materiali di riciclo.

Le modalità operative e le macchine impiegate comportano 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.

La lavorazione (stabilizzazione) non deve, di norma, essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 25°C, né sotto la pioggia. Può 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. Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura il materiale trattato deve essere protetto mediante la spruzzatura di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) con un dosaggio di 1,0 - 1,5 kg/m² in relazione alla porosità superficiale e alla capacità di assorbimento della parte superiore dello strato trattato. L'emulsione deve essere coperta con sabbia o graniglia per evitarne l'asportazione da parte dei mezzi di cantiere.

Sopra alla fondazione stradale, solo per le strade a maggiore traffico pesante, dovrebbe essere previsto un **ulteriore strato di fondazione**.

Questo può essere realizzato con misto cementato oppure con materiali stabilizzati con cemento e bitume schiumato o emulsione bituminosa sovrastabilizzata.

Il **misto cementato** conferisce rigidità e quindi aumenta la capacità portante della pavimentazione. E' particolarmente indicato per le strade con notevole traffico pesante. La sua rigidità consente una migliore ripartizione dei carichi di traffico che vengono trasmessi in modo



Unterbau übertragen werden. Die hydraulisch gebundene Tragschicht hat jedoch eine erhebliche Sprödigkeit (die sich mit größerem Zementanteil erhöht) was zu Rissbildung führt, hauptsächlich dann, wenn die darunterliegenden Schichten keine gute Tragfähigkeit haben, oder die darüberliegenden Schichten die Lasten nur geringfügig abdämpfen (geringe Schichtstärke der darüberliegenden bituminösen Straßenbeläge)

Die **hydraulisch gebundene Tragschicht** besteht aus einer Mischung von Gesteinskörnern und Komposit-Zement. Bei der Herstellung der hydraulisch gebundenen Tragschicht kann auch Recyclingmaterial, von Abbruchmaterial aus dem Bausektor, als Zusatz oder alternativ zu den natürlichen Gesteinen bis zu 100% der Mischung verwendet werden, vorausgesetzt dass es die Technischen Richtlinien erfüllt.

In der hydraulisch gebundenen Schicht darf der Gewichtsprozentsatz des Asphaltgranulats (gefräst), einschließlich des in den recycelten Gesteinskörnungen enthaltenen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, 30 % nicht überschreiten. In besonderen Fällen und mit Genehmigung der BL kann recyceltes bituminöses Mischgut bis zu einem Anteil von maximal 40 % des Gesamtgewichts des Mischguts verwendet werden.

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

Es wird empfohlen, Flugasche laut Norm UNI EN 450 zu verwenden, um die Puzzolan Eigenschaft zu erhöhen.

Die hinzuzufügende Menge an Flugasche, um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern wird mittels Laboruntersuchungen festgelegt. Trotzdem darf sie 40 % des Gewichts vom Komposit-Zement nicht überschritten werden.

Es wird empfohlen, Kalk hinzuzufügen, bis zu 2 %, vom Gewicht der Mischung, um die Eigenschaften und Verarbeitung zu verbessern.

Der Typ von Kalk muss im Zusammenhang zur Feuchtigkeit des zu behandelnden Materials gewählt werden: Für Böden mit beträchtlicher Feuchtigkeit muss ungelöschter Kalk verwendet werden.

Die hydraulisch gebundene Tragschicht wird normalerweise in Mischanlagen hergestellt, auf die Baustelle transportiert und mittels Straßenfertiger

piu' attenuato al sottofondo. Il misto cementato è però caratterizzato da una notevole fragilità (maggiore con alti dosaggi di cemento) che lo porta a fessurarsi rapidamente, in particolare quando gli strati sottostanti hanno una portanza molto scarsa oppure se gli strati sovrastanti trasmettono carichi poco attenuati (scarso spessore del conglomerato bituminoso sovrastante).

Il **misto cementato** è costituito da una miscela di aggregati lapidei e cemento composito. Nella confezione del misto cementato 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 dalle Norme Tecniche di Capitolato.

Nel misto cementato la percentuale in peso di conglomerato bituminoso di recupero (fresato), compreso quello eventualmente presente negli aggregati di riciclo, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 30%. In casi particolari e con l'approvazione della DL si può impiegare conglomerato bituminoso di recupero fino ad un massimo del 40% riferito al peso totale della miscela.

Il cemento deve essere del tipo composito, resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione

È consigliato l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450, per aumentare la capacità puzzolanica.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per migliorarne le caratteristiche meccaniche, è stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non può superare il 40% del peso di cemento composito.

E' consigliata l'aggiunta di calce, fino al 2% del peso della miscela, per migliorare le prestazioni e la lavorabilità.

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.

Il misto cementato viene normalmente confezionato in impianti fissi, trasportato in cantiere e posto in opera mediante vibrofinitrice. Poiché non



eingebaut. Da dafür keine größeren Anlagen benötigt werden, wie z. B. für die Herstellung von bituminösen Belägen im Heißverfahren, ist der Einsatz von mobilen Anlagen auf den Baustellen verbreitet. In Italien werden vermehrt geeignete Mischfahrzeuge (Pulvimixer) eingesetzt, mit denen die hydraulisch gebundene Tragschicht direkt auf der Baustelle gemischt (hergestellt) wird.

Sowohl die herkömmliche Herstellung (Mischwerk und Straßenfertiger), als auch bei Verwendung von Pulvimixer bleiben die in den Verdingungsbedingungen enthaltenen Parameter aufrecht, da diese sich auf die verwendeten Materialien im eingebauten Zustand und nicht auf die Herstellungsweise beziehen.

Es bestehen jedoch feine Unterschiede bei der Herstellungsweise. Das Mischwerk garantiert strengere Kontrollen bei Zugabemengen von Zement und Wasser und ermöglicht eine aus verschiedenen Körnungsklassen bestehende Korngrößenverteilung. Der Straßenfertiger ermöglicht den Einbau einer gleichmäßigen Schichtstärke, eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche, unter der Voraussetzung einer planen Auflagefläche.

Die Verwendung des Pulvimixer löst das Problem der Längsfuge beim Einbau durch eine Überlappung von 15 -20 cm bei den aufeinander folgenden Arbeitsvorgängen. So ist möglich die Kontinuität der Schicht, unabhängig von der Einbaulänge, zu gewährleisten. Die Verwendung des Pulvimixer ermöglicht eine größere Leistung und verkürzt die Arbeitszeiten.

Unmittelbar nach der Verdichtung und Fertigstellung der hydraulisch gebundenen Schicht muss zum Schutz der fertigen Schicht eine Schicht aus überstabilisierter Bitumenemulsion (Bezeichnung gemäß UNI EN 13808: C60B10) aufgetragen werden, und zwar in einer Menge von 1,0 - 1,5 kg/m² je nach Oberflächenporosität und Absorptionsvermögen des oberen Teils der behandelten Schicht. Die Emulsion muss mit Sand oder Splitt abgedeckt werden, um zu verhindern, dass sie von Baustellenfahrzeugen entfernt wird. Granulat, das nicht perfekt mit der Emulsion verankert ist, muss mit einer Kehrmachine entfernt werden, bevor die heiße Asphaltschicht aufgetragen wird.

sind notwendig. Apparate von großen Dimensionen, wie zum Beispiel für bituminöse Conglomerate, sind auch in der Regel mobil und können leicht auf der Baustelle installiert werden. Mit der großen Verbreitung auch in Italien der Stabilisiermaschinen (pulvimixer), wird meistens das gemischte Zementmörtel direkt vor Ort hergestellt.

Egal, ob man die traditionelle Methode (festes Mischungs- und Vibrationsgerät) oder ob man die Pulvimixer mit festgelegten Parametern im Capitolato nicht ändern muss, weil sie auf die verwendeten Materialien und auf das fertige Strato und nicht auf die Arbeitsweise abzielen.

Einige kleine Unterschiede gibt es jedoch. Das feste Mischungsgerät garantiert eine strengere Kontrolle der Dosierung von Zement und Wasser und ermöglicht eine aus verschiedenen Korngrößenklassen bestehende Kornverteilung. Der Straßenfertiger ermöglicht den Einbau einer gleichmäßigen Schichtstärke, eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche, vorausgesetzt eine ebene Auflagefläche.

Die Verwendung des Pulvimixer löst das Problem der Längsfuge beim Einbau durch eine Überlappung von 15 -20 cm bei den aufeinander folgenden Arbeitsvorgängen. So ist möglich die Kontinuität der Schicht, unabhängig von der Einbaulänge, zu gewährleisten. Die Verwendung des Pulvimixer ermöglicht eine größere Leistung und verkürzt die Arbeitszeiten.

Unmittelbar nach der Verdichtung und Fertigstellung der hydraulisch gebundenen Schicht muss zum Schutz der fertigen Schicht eine Schicht aus überstabilisierter Bitumenemulsion (Bezeichnung gemäß UNI EN 13808: C60B10) aufgetragen werden, und zwar in einer Menge von 1,0 - 1,5 kg/m² in Abhängigkeit von der Oberflächenporosität und dem Absorptionsvermögen des oberen Teils der behandelten Schicht. Die Emulsion muss mit Sand oder Splitt abgedeckt werden, um zu verhindern, dass sie von Baustellenfahrzeugen entfernt wird. Granulat, das nicht perfekt mit der Emulsion verankert ist, muss mit einer Kehrmachine entfernt werden, bevor die heiße Asphaltschicht aufgetragen wird.



2.5 Stabilisierung mit Zement und Bitumenemulsion

Stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata

Um die Sprödigkeit der HGT zu verringern und die Leistungen zu erhöhen, wird seit einigen Jahren (als Ganzes oder nur in Teilen) eine Mischung von **Zement und Schaumbitumen** hergestellt. Durch den Einsatz von bituminösen Bindemitteln und der gleichzeitigen Verringerung der Zementmenge kann man eine weniger steife und gleichzeitig eine langlebigere Schicht, welche den ständigen Wechselbelastungen ausgesetzt ist, herstellen. Zudem wird die aggressive Wirkung des Wassers verringert.

Alternativ zum Schaumbitumen kann als bituminöses Bindemittel, **Bitumenemulsion** verwendet werden. Dabei ist es wichtig, dass die Emulsion „maßgeschneidert“ ist, d.h. sie muss auf die Materialien und die Einbauweise abgestimmt sein. Beim Brechen der Emulsion trennt sich das Bitumen von der wasserhaltigen Suspension, und die Viskosität erhöht sich in bemerkenswerter Form. Die einzelnen Körner des recycelten Materials werden von einem dünnen Film aus kalten und viskosen Bitumen überzogen, welches die Verdichtung des zu stabilisierenden Materials erschwert. Für ein gutes Gelingen bei der Aufbereitung sind **überstabilisierte Emulsionen** erforderlich, welche eine sehr lange Brechzeit haben (über eine Stunde nach dem Mischvorgang), die erst während bzw. nach der Verdichtungsphase eintreten soll.

Im Vergleich zum Schaumbitumen bringt die Verwendung von Bitumenemulsionen einige Vorteile mit sich, die vom Technischen bis hin zur Baustellensicherheit reichen. Vor allem muss die Emulsion nicht über 160°C erwärmt werden, das verringert das Risiko für die Arbeiter und ermöglicht eine flexiblere Handhabung der Wartezeiten vor dem Mischvorgang. Beim Schaumbitumen können eventuelle zu niedrige Temperaturen des Bitumens, aus welchem Grund auch immer, die Ablehnung der Bitumenlieferung mit sich bringen und so der Grund für eine Rückfahrt des Tankfahrzeugs (auch falls nur teilweise entleert) zum Ladeort sein.

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

Negli ultimi anni, per ridurre la fragilità e migliorare le prestazioni, il misto cementato è stato sostituito (totalmente o solo in parte) da una miscela legata con **cemento e bitume schiumato**. L'inserimento del legante bituminoso e la contemporanea diminuzione del dosaggio del cemento permettono di ottenere uno strato meno rigido e più durevole sotto l'azione dei carichi ripetuti, con una riduzione anche dell'azione aggressiva dell'acqua.

In alternativa al bitume schiumato il legante bituminoso può essere inserito nella stessa miscela sotto forma di **emulsione bituminosa**. È importante che l'emulsione sia “tagliata su misura” cioè adeguata ai materiali e alle modalità operative. Infatti quando l'emulsione si rompe il bitume si separa dalla sospensione acquosa e la viscosità del liquido aumenta in modo significativo. Le singole particelle del materiale riciclato vengono ricoperte da una sottile pellicola di bitume freddo e viscoso che rende più difficile il costipamento del materiale da stabilizzare. Per una buona riuscita del trattamento sono necessarie **emulsioni sovrastabilizzate** cioè a rottura molto lenta (oltre un'ora dalla miscelazione) che dovrebbe avvenire solo dopo o durante la fase di costipamento.

In confronto alla tecnica del bitume schiumato, l'impiego di emulsione offre alcuni vantaggi sia dal punto di vista tecnico che della sicurezza di cantiere. Intanto non richiede il riscaldamento del legante oltre i 160 °C, evitando rischi per gli addetti ed una maggiore flessibilità nella gestione dei tempi di attesa prima della miscelazione. Con il bitume schiumato l'eventuale temperatura troppo bassa del bitume, qualunque sia la causa, in qualsiasi momento, comporta il rifiuto del legante e quindi il ritorno dell'autobotte (anche parzialmente utilizzata) al luogo di carico.

Il cemento deve essere del tipo composito, resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione



Die längeren Brechzeiten und Hydratationszeiten der stabilisierten Emulsion und des Komposit-Zements ermöglichen, eine längere Zeitspanne für die Phasen der Verdichtung und Nivellierung in Anspruch zu nehmen, ohne das Gelingen und die Qualität der Verarbeitung zu beeinträchtigen.

Die mit Zement und Bitumen behandelten Mischungen (in Form von Schaumbitumen oder Emulsion) sind besonders für die unteren Tragschichten geeignet. Die gleichzeitige Verwendung von zwei verschiedenen Bindemitteln erlaubt es, ein breit gefächertes Spektrum von Gesteinszuschlagstoffen zu verwenden, sei es natürliche (in Erstanwendung) als auch recycelte, einschließlich Fräsgut bis zu einem Anteil von 100%.

Bei abgeschlossener Verdichtung und im Einklang mit der Baustellentätigkeit muss, die mit Zement und Bitumenemulsion stabilisierte Schicht für einige Tage reifen, bevor sie mit der Bitumenemulsion versiegelt wird.

Sobald die Schicht geschützt ist, kann die Straße für den Verkehr freigegeben werden.

Sollte Regen vorhergesagt sein, oder es ist erforderlich, die Straße den Verkehr freizugeben, so muss die Schicht sofort abgedeckt werden. In beiden Fällen benutzt man eine überstabilisierte Bitumenemulsion (Typ C60 10), vorzugsweise dieselbe, welche zur Herstellung der Mischung verwendet wurde, mit einer Dosierung von 1,5 kg/m², die anschließend mit Sand oder Kies abgedeckt wird.

Die Verlegung der Asphalttschicht sollte, wenn möglich, um mindestens 3 Tage verschoben werden.

L'emulsione sovrastabilizzata e il cemento composito, grazie ai tempi di rottura e di idratazione molto lunghi, consentono inoltre di gestire con maggiore margine temporale le fasi di livellamento e compattazione senza pregiudicare la buona riuscita del trattamento.

Le miscele trattate con cemento e bitume (in forma di schiuma o di emulsione) sono particolarmente adatte per la realizzazione di strati di sottobase. L'impiego contemporaneo di due leganti diversi consente di utilizzare una vasta gamma di aggregati lapidei sia naturali (di primo impiego) che di riciclo, compreso il fresato fino al 100% della miscela di aggregati.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato trattato con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata deve essere fatto maturare per qualche giorno, prima di essere sigillato (con l'emulsione bituminosa).

Una volta protetto lo strato può essere aperto al traffico.

Quando invece è prevista pioggia, oppure è necessario aprire la strada al traffico, lo strato deve essere immediatamente coperto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60B10), possibilmente la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

La stesa del conglomerato bituminoso a caldo, se possibile, deve essere differita di almeno 3 giorni.

2.6 Tragschicht im Heiß- oder Kaltverfahren Base a caldo e base a freddo

Die **Tragschicht** kann aus **heißem** bituminösem Mischgut oder aus **kalt recyceltem** bituminösem Mischgut bestehen.

Die Tragschicht im Heißmischverfahren kann aus normalem Bitumen oder vorzugsweise aus modifiziertem Hartbitumen hergestellt werden.

Die Wahl des Bitumentyps wird in einem späteren Abschnitt erörtert.

In Heißmischungen für Tragschichten mit modifiziertem Bitumen ist die Verwendung von gefrästem Material bis zu einem Anteil von

Lo **strato di base** può essere costituito da un conglomerato bituminoso a **caldo** oppure da un conglomerato bituminoso **riciclato a freddo**.

La base a caldo può essere confezionata con bitume normale o, preferibilmente, con bitume modificato di tipo hard.

Della scelta del tipo di bitume si parla in uno dei paragrafi successivi.

Nei conglomerati bituminosi a caldo per strati di base con bitume modificato è ammesso l'impiego del fresato fino ad un massimo del 25% in peso



maximal 25 Gewichtsprozent an der gesamten Gesteinsmischung zulässig. Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung einer größeren Menge an Fräsgut vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomerpolymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren in dem vom Fräsgut gelieferten Bitumen auszugleichen, und in jedem Fall unter der Voraussetzung, dass die in der technischen Spezifikation festgelegten Leistungsmerkmale eingehalten werden.

Die Tragschicht muss mittels eines bituminösen Bindemittels mit der darunterliegenden Schicht verankert werden, (Unterbau) welches bereits für die Behandlung und zum Schutz der Unterbauschicht verwendet wird. Wenn diese nicht vorhanden oder intakt ist, muss eine spezielle Haftbrücke angebracht werden.

Die im Heißverfahren hergestellte Tragschicht kann zum Teil oder vollständig durch eine **kaltrecycelte Tragschicht** ersetzt werden.

Im kaltrecycelten Mischgut, welches für Tragschichten verwendet wird, werden Emulsionen mit modifiziertem Bitumen verwendet, die Dosierungen liegen zwischen 4,0% bis 4,5% des Gewichtsanteils der Zuschlagstoffe und Zement mit einem Gewichtsanteil von 1,5 – 2,0%. Der Zement ist kein Bindemittel (wie es beim Schaumbitumen der Fall ist), er dient als Basiselement für den Mastix, welcher die Gesteinszuschlagstoffe miteinander verbindet, zusätzlich dient er für die Regulierung der Brechzeit der Emulsion.

Der hohe Anteil an Bitumenemulsion, das durch Polymere modifizierte Bindemittel und das Bindeverhalten des Zements geben der Mischung eine größere Duktilität und eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdungserscheinungen. Der kaltrecycelte bituminöse Belag kann mittels mobiler Anlagen hergestellt werden (bei Bedarf in der Nähe der Baustelle eingerichtet), oder direkt vor Ort (in situ) durch einen „Recycling-Zug“. Dieser besteht aus einer Fräse, einer Stabilisierungsmaschine (welche die Schollen der gefrästen Asphaltschicht auseinanderbricht und diese homogen mit Emulsion und Zement vermischt), einem Tankkaster für Wasser, und einem für die Emulsion, einer Nivelliermaschine und einer Vibrations- oder Gummiwalze.

rispetto al totale della miscela degli aggregati. L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato e comunque purché vengano rispettate le caratteristiche prestazionali previste dalle Norme Tecniche di Capitolato.

Lo strato di base deve essere ancorato allo strato sottostante (fondazione o sottobase) mediante un legante bituminoso che è generalmente già previsto come trattamento di protezione dello strato di fondazione o di sottobase. Qualora questo non fosse presente o non fosse del tutto integro si deve prevedere una specifica mano di ancoraggio. La base a caldo può essere sostituita in parte o totalmente da uno strato di **base riciclata a freddo**.

Nel conglomerato riciclato a freddo per strati di base si utilizzano emulsioni di bitume modificato, con dosaggi usualmente compresi tra il 4,0% ed il 4,5% in peso sulla miscela degli aggregati, e cemento con dosaggi di 1,5 – 2,0%. La presenza del cemento non è finalizzata ad avere una azione legante aggiuntiva (come nella tecnica del bitume schiumato), ma piuttosto costituisce l'elemento base per la formazione del mastice che lega gli aggregati lapidei ed un "regolatore" di rottura dell'emulsione.

La notevole presenza di emulsione bituminosa, il legante bituminoso modificato con polimeri, l'inibizione del potere legante del cemento conferiscono alla miscela una maggiore duttilità ed una maggiore resistenza a fatica. Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo può essere realizzato con impianti mobili (installati provvisoriamente vicino al cantiere), o direttamente in situ mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (tale da disgregare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente l'emulsione ed il cemento), autobotte per l'acqua, autobotte per l'emulsione, livellatrice, rullo vibrante e rullo gommato.



2.7 Binder Binder

Über der Tragschicht wird eine **Binderschicht** eingebracht, um die Unebenheiten der fertigen Oberfläche (Planarität und Neigung) der Tragschicht auszugleichen. Die Binderschicht besteht immer aus Heißasphalt, der mit traditionellem oder modifiziertem Bitumen hergestellt wird. Für die Auswahl der Art des Bitumens wird auf einen eigenen Abschnitt verwiesen.

In den technischen Richtlinien sind die Mischungen AC20 und AC16 angegeben. Die AC16-Mischung darf nur verwendet werden, wenn eine Schichtdicke von 5 cm oder weniger vorgesehen ist, insbesondere bei Querfeldeinstraßen und Radwegen.

Bei bituminösem Mischgut für Binderschichten mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an recyceltem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht mehr als 20 % betragen.

Der Unternehmer kann der Bauleitung die Verwendung einer größeren Menge an Fräsgut unter der Bedingung vorschlagen, dass ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomerpolymeren (SBS) als das „hardmodifizierte“ Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren in dem vom Fräsgut gelieferten Bitumen auszugleichen.

Vor dem Verlegen der Binderschicht muss eine Haftschrift aufgespritzt werden, um eine perfekte Verankerung mit der darunter liegenden Schicht zu gewährleisten.

Der Straßenbelag wird durch die **Deck- oder Verschleißschicht** vervollständigt. Für die Wahl der Art der Deckschicht wird auf den nächsten Abschnitt verwiesen.

In der Planung der Straßenbeläge werden die Anzahl der Schichten, die verwendeten Materialien, die jeweilige Schichtstärken in Funktion zu den Verkehrslasten (nur Schwerverkehr) und zur Tragfähigkeit des Unterbaus festgelegt.

Je höher die Tragfähigkeit des Unterbaus ist desto geringer kann, bei gleichen Verkehrslasten, die Schichtstärke der Beläge sein. Da die Materialien des Belages um vieles teurer sind als jene für den Unterbau, ist es offensichtlich auf die Auswahl der im Unterbau verwendeten Materialien und ihrem

Sopra alla base viene realizzato lo **strato di binder** che ha la funzione principale di correggere le irregolarità del piano finito della base (planarità e pendenze). Il binder è sempre costituito da conglomerato bituminoso a caldo, con bitume normale o con bitume modificato. Della scelta del tipo di bitume si parla in uno dei paragrafi successivi.

Nelle Norme di Tecniche di Capitolato sono previste miscele AC20 e AC16. Il binder AC16 deve essere impiegato solo quando sono previsti spessori uguali o minori di 5 cm, in particolare per strade interpoderali e per piste ciclabili.

Nei conglomerati bituminosi per strati di binder con bitume modificato la percentuale in peso di materiale riciclato riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 20.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

Prima di stendere il binder è necessario spruzzare una mano d'attacco allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante.

La pavimentazione stradale viene completata dal **tappeto di usura**. Per la scelta del tipo di tappeto di usura si rimanda al paragrafo successivo.

Nel progetto della pavimentazione il numero degli strati, i materiali impiegati e lo spessore vengono determinati in funzione dei carichi di traffico (solo veicoli pesanti) e della portanza del sottofondo.

A parità di traffico, più è elevata la portanza del sottofondo più ridotta può essere la pavimentazione. Poiché i materiali della pavimentazione sono tutti molto più costosi di quelli impiegati per il sottofondo, è evidente che conviene porre attenzione nella scelta dei materiali del



korrekten Einbau zu achten (Schichteneinbau mit optimaler Proctordichte, Verwendung von schweren Walzen, angemessenen Walzenüberfahrten und korrekter Vibrationsamplitude) zurückzugreifen.

Die Stärken der einzelnen Schichten ergeben sich aus der Dimensionierung der Beläge, die mit spezifischer Software, auf rationaler Weise errechnet wurden, oder man entnimmt sie aus Verzeichnissen über Bezugsbauweisen der Straßenbeläge.

2.8 Verzeichnis der Bezugsbauweisen der Straßenbeläge

Catalogo delle pavimentazioni

Die Autonome Provinz Bozen hat sich mit einem Handbuch über Straßenbeläge ausgestattet, welches die Umweltbedingungen und das typische Verkehrsaufkommen des Landes berücksichtigt.

Der Anwendungsbereich von diesem Katalog umfasst sowohl die Planung von neuen Straßen, sowie die Eingriffe zur außerordentlichen Instandhaltung, welche die Neuverlegung der Schichten vorsieht.

Die in Betracht gezogenen Schichten sind flexible und halbstarre Beläge.

Die bei der Erstellung des Verzeichnisses zugrunde gelegten Materialeigenschaften entsprechen den technischen Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen.

Alle vorgeschlagenen Bezugsbauweisen beinhalten das Fundament des Straßenkörpers als erste Schicht (von unten beginnend). Dies liegt daran, dass die Anti-Kapillarschicht, sofern vorhanden, nicht Teil des Straßenoberbaus ist, sondern den oberen Teil des Unterbaus bildet.

Im einleitenden Teil des Verzeichnisses werden spezifische Informationen zu den Ausgangslagen, in denen die Anti-Kapillarschicht erforderlich ist, und zu den Eigenschaften des zu verwendenden Materials gegeben.

Der Katalog beinhaltet 4 verschiedenen Klimazonen, bezogen auf der Meereshöhe. Für jede Zone werden Fahrbahnen an die drei verschiedenen Tragfähigkeiten des Unterbaus angepasst, und an die verschiedenen Verkehrsklassen, welche nach den Standardachsen mit 80 kN pro (ESAL) Zwillingssrad berechnet werden.

Die Verkehrslasten wurden für die ersten 20 Jahre Lebenszeit anhand der jährlichen

sottofondo e nella loro corretta posa in opera (stesa in strati di adeguato spessore, umidità ottima di costipamento, impiego di rulli di elevato peso, passaggi del rullo sufficienti, ampiezza di vibrazione corretta).

Lo spessore dei singoli strati dovrebbe scaturire dal dimensionamento della pavimentazione eseguito con un metodo razionale mediante l'utilizzo di specifici software, oppure essere ripreso da appositi Cataloghi delle Pavimentazioni.

La Provincia Autonoma di Bolzano si è dotata di un Catalogo delle Pavimentazioni articolato sulla base delle condizioni ambientali e dei livelli di traffico tipici del proprio territorio.

L'ambito di applicazione di questo Catalogo riguarda sia la progettazione di nuove strade che gli interventi di manutenzione straordinaria che prevedono il rifacimento totale della pavimentazione.

Le pavimentazioni considerate sono di tipo flessibile e di tipo semirigido.

Le caratteristiche dei materiali adottate nella redazione del Catalogo sono coerenti con le Norme Tecniche della Provincia Autonoma di Bolzano.

Tutti i diversi pacchetti di pavimentazione proposti prevedono come primo strato (a partire dal basso) lo strato di fondazione. Questo solo perché l'eventuale strato anticapillare non fa parte della pavimentazione, ma costituisce la parte superiore del sottofondo.

Nella parte introduttiva del Catalogo vengono fornite specifiche indicazioni sulle situazioni in cui è necessario prevedere lo strato anticapillare e sulle caratteristiche del materiale da utilizzare.

Il catalogo prevede 4 zone climatiche individuate in relazione alle loro altitudini. Per ogni zona vengono indicate pavimentazioni riferite a tre livelli di portanza del sottofondo e diverse classi di traffico espresse in termini di assi standard da 80 kN a ruote gemellate (ESAL).

Il carico di traffico, in termini di assi standard già calcolati per i primi 20 anni di vita utile sulla base



Verkehrserhebungen auf Landestrassen ermittelt und sind auf der Internetseite [Technische Bestimmungen, Richtlinien & Studien | Öffentliche Bauten | Autonome Provinz Bozen - Südtirol](#) abrufbar.

Für alle anderen Straßen muss die Verkehrslast von der Anzahl an vorgesehenen Schwerfahrzeugen, wobei ein Gleichwertigkeitsfaktor angenommen wird, welcher als Grundlage die Zusammensetzung der Fahrzeuge hat, ermittelt werden.

Zusammenfassend:

Der Straßenbelag einer Straße mit **hohem Schwerverkehrsaufkommen** sollte wie folgend ausgeführt werden:

- Deckschicht (Verschleißschicht);
- Binderschicht (immer im Heißverfahren hergestellt) mit traditionellem und modifiziertem Bitumen;
- Tragschicht aus Heiß- oder Kaltasphalt;
- Zusätzliche Tragschicht (hydraulisch gebundene Tragschicht oder durch Zement und überstabilisierte Bitumenemulsion);
- Fundament des Straßenkörpers (Schotterschicht oder durch Kalk oder Zement stabilisierte Materialien)

Der Straßenbelag einer Straße mit **mittlerem Schwerverkehrsaufkommen** sollte wie folgend ausgeführt werden:

- Deckschicht (Verschleißschicht);
- Binderschicht (immer im Heißverfahren hergestellt) mit traditionellem und modifiziertem Bitumen
- Tragschicht aus Heiß- oder Kaltasphalt
- Fundament des Straßenkörpers (Schotterschicht oder durch Kalk oder Zement stabilisierte Materialien)

Der Straßenbelag einer Straße mit **niedrigem Schwerverkehrsaufkommen** sollte wie folgend ausgeführt werden:

- Deckschicht (Verschleißschicht);
- Binderschicht (immer im Heißverfahren hergestellt) mit traditionellem und modifiziertem Bitumen
- Fundament des Straßenkörpers (Schotterschicht oder durch Kalk oder Zement stabilisierte Materialien)

del rilievo annuale dei flussi di traffico, è reperibile per tutte le strade provinciali sul sito [Direttive e norme tecniche | Opere pubbliche | Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige](#)

Per tutte le altre strade deve essere ricavato a partire dal numero di veicoli pesanti previsti, adottando il coefficiente di equivalenza più opportuno, individuato sulla base della composizione (spettro di traffico) dei veicoli.

Riepilogando:

Una pavimentazione di una strada con **elevato traffico pesante** dovrebbe essere costituita da:

- tappeto di usura;
- binder (sempre in conglomerato bituminoso a caldo) con bitume normale o modificato;
- base in conglomerato bituminoso a caldo oppure a freddo;
- Ulteriore strato di base (misto cementato oppure materiali stabilizzati a cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata;
- fondazione (misto granulare o materiali stabilizzati a calce e/o cemento);

Una pavimentazione di una strada con **medio traffico pesante** dovrebbe essere costituita da:

- tappeto di usura;
- binder (sempre in conglomerato bituminoso a caldo) con bitume normale o modificato
- base in conglomerato bituminoso a caldo oppure a freddo;
- fondazione (misto granulare o materiali stabilizzati a calce e/o cemento);

Una pavimentazione di una strada con **basso traffico pesante** dovrebbe essere costituita da:

- tappeto di usura;
- binder (sempre in conglomerato bituminoso a caldo) con bitume normale o modificato;
- fondazione (misto granulare o materiali stabilizzati a calce e/o cemento);



Obwohl das Handbuch für Straßenbeläge mehrere Lösungen vorschlägt, kann es trotzdem Einzelfälle geben, auf Straßen mit großem Gefälle oder die stark an Frost-Tau ausgesetzt sind, für die keine vergleichbare Lösung angeboten wird. In diesen Fällen sind spezielle Bewertungen bei der Wahl des einzubauenden Straßen - Pakets zu treffen, immer vorab gezielter Laborproben, um die Materialien zu verwenden, welche an Ort und Stelle zur Verfügung stehen (Bestehende Straßenbeläge oder vorhandener Straßenunterbau).

Es ist selbstverständlich, dass die Entfernung oder Hinzufügung einer Schicht teilweise durch die Änderung der Dicken der anderen Schichten, die durch die Belagsberechnung ermittelt wurden, ausgeglichen werden muss.

Für die Lebensdauer von den bituminösen Belägen ist der Prozentsatz an effektiv vorhandenen Hohlräumen (in den Bohrkernen) ausschlaggebend.

Aus diesem Grund sehen die Verdingungsbedingungen der Autonomen Provinz Bozen Südtirol sehr hohe Abzüge für die Abweichung von diesen Kennwerten vor.

Die Vorgaben für die Bauausführung und die Kontrolle sind in den folgenden Abschnitten wiedergegeben.

Nonostante il Catalogo delle Pavimentazioni metta a disposizione un numero elevato di soluzioni, si possono presentare situazioni del tutto singolari, tipo strade a forte pendenza o particolarmente esposte al gelo, che non trovano adeguato riscontro. In questi casi devono essere fatte valutazioni specifiche nella scelta del pacchetto stradale, fermo restando l'orientamento di utilizzare prioritariamente i materiali reperibili sul posto (pavimentazione e corpo stradale esistenti) attraverso indagini di laboratorio mirate.

E' evidente che l'eliminazione o l'aggiunta di uno strato deve essere in parte compensata dalla variazione degli spessori degli altri strati determinata attraverso il calcolo della pavimentazione.

Sulla durata della pavimentazione incide in modo determinante la percentuale dei vuoti residui effettivamente presente (nelle carote) negli strati di conglomerato bituminoso.

Per questo motivo il Capitolato della Provincia Autonoma di Bolzano prevede detrazioni molto pesanti per le carenze di questo parametro.

Le indicazioni per la costruzione ed i controlli sono riportate nei paragrafi successivi.

3. Bituminöses Mischgut **Conglomerati Bituminosi**

3.1 Typen von Bitumen welcher zur Herstellung von Mischgut zu verwenden ist **Tipo di bitume da impiegare nei conglomerati bituminosi**

Bei den herkömmlichen Asphaltmischguttypen wird (normales) **Straßenbaubitumen** Typ 50/70 verwendet.

Das Bitumen ist, wie allgemein bekannt, ein Restprodukt der Erdöldestillation. In den letzten Jahrzehnten haben ein Großteil der Raffinerien den Destillationsprozess verändert, um noch mehr wertvolle Bestandteile aus dem Erdöl zu extrahieren, was in Folge zu einer Verminderung der Bitumenqualität geführt hat.

Sehr oft tendiert das Bitumen heute zu einer übermäßigen Verhärtung schon während des Mischprozesses und des Einbaues.

Dieses Verhalten wird durch die Bestimmung der Nadelpenetration - und des Erweichungspunkts

Nei conglomerati bituminosi tradizionali viene impiegato **bitume** (normale) semisolido di tipo 50/70.

Come è noto il bitume è il prodotto residuo della distillazione del petrolio. Negli ultimi decenni gran parte delle raffinerie, al fine di aumentare l'estrazione dei prodotti più pregiati, ha modificato il processo di distillazione e questo ha sensibilmente ridotto la qualità del bitume.

Molto spesso il bitume attuale tende ad indurirsi eccessivamente durante la miscelazione e la stesa del conglomerato bituminoso.

Questo comportamento viene individuato dalle prove di penetrazione e palla-anello eseguite sul



(Ring – Kugelprüfung) auf das im Labor mit dem 'rolling thin Film oven test (RTFOT)' gealterte Bitumen ermittelt.

Das erhärtete (gealterte) Bitumen bewirkt eine Schwächung des Mischgutes, was zu erhöhtem Materialausbruch und zu Rissausbildungen führt. Anstelle des normalen Straßenbaubitumens kann **polymermodifiziertes Bitumen** verwendet werden.

Die Verwendung von Mischgut mit polymermodifiziertem Bitumen, bringt verschiedene Vorteile für die Straße mit sich. Das polymermodifizierte Bitumen ist im Gegensatz zum Straßenbaubitumen weniger alterungsempfindlich, es reagiert weniger empfindlich auf thermische Schwankungen, ist bei niedrigen Temperaturen weniger spröde und es weist eine höhere Festigkeit bei sich wiederholenden Lasten auf, d.h. einen erhöhten Widerstand gegen Ermüdung.

Im Handel gibt es verschiedene polymermodifizierte Bitumen, die sich ausschließlich durch die chemischen Eigenschaften der beigesetzten Polymere und deren Menge unterscheiden. Die im Straßenbau am meisten verwendeten Polymere sind elastomerische und plastomerische Thermoplaste, die je nach Konzentration, Art und Verträglichkeit mit dem Bitumen, verschiedene mikrostrukturelle Situationen ergeben, die die Eigenschaften des Bindemittels unterschiedlich beeinflussen.

Die Modifizierung des Bitumens wird je nach Menge und angewandter Technik als "soft" bezeichnet, wenn sich die mechanischen Eigenschaften innerhalb eines begrenzten Intervalles bewegen. Man spricht von einer „hard“ Modifizierung, wenn diese die rheologischen Eigenschaften des Bitumens wesentlich verändert, und man diese mit jenen des integrierten Polymers vergleichen kann.

Beim geringfügigen Zusatz von Polymeren („soft“ Modifizierung) besteht die anhaltende Phase aus dem mit dem Polymer vermischten Bitumen, das die bituminöse Matrix für hohe Temperaturen verstärkt, und die Brüchigkeit bei niedrigen Temperaturen vermindert. Wird ein bestimmter Grenzwert des Polymeranteils überschritten („hard“ Modifizierung), bildet sich innerhalb des Systems eine kontinuierliche polymere Matrix, bei der das Bitumen eine plastische Funktion hat. Im „hard“ modifizierten Bitumen, tritt die sogenannte

bitume invecchiato in laboratorio con il rolling thin film oven test (RTFOT).

Il bitume indurito (invecchiato) rende il conglomerato bituminoso più fragile, con una maggiore tendenza allo sgranamento e alla propagazione delle fessure. Al posto del bitume normale può essere utilizzato **bitume modificato con polimeri**.

In generale l'utilizzo di conglomerati bituminosi confezionati con bitume "modificato" garantisce diversi benefici alla pavimentazione stradale. Rispetto al bitume "normale" il bitume modificato con polimeri risulta essere meno suscettibile all'invecchiamento, meno sensibile alle escursioni termiche, meno fragile alle basse temperature e soprattutto conferisce agli strati di conglomerato bituminoso una maggiore resistenza ai carichi ripetuti, cioè a fatica.

Esistono in commercio diversi bitumi modificati che si differenziano essenzialmente per la natura chimica e le quantità dei polimeri aggiunti. I polimeri maggiormente impiegati in campo stradale sono i termoplastici di tipo elastomerico o plastomerico e danno origine, a seconda della loro concentrazione, natura e compatibilità con il bitume, a diverse situazioni microstrutturali cui corrispondono differenti proprietà del legante.

La modifica del bitume, in funzione della quantità e della tecnica, è detta "soft" se le caratteristiche meccaniche variano entro un intervallo ristretto o "hard" se si influenza in maniera sostanziale il comportamento reologico del bitume stesso potendo assimilarlo a quello del polimero integrato.

Per livelli di additivazione modesti (modifica "soft") la fase continua è costituita dal bitume all'interno del quale è disperso il polimero che rinforza la matrice bituminosa alle alte temperature e ne mitiga la fragilità alle basse temperature. Nel caso in cui venga superato un certo valore di soglia del contenuto di polimero (modifica "hard"), all'interno del sistema si forma una matrice polimerica continua nella quale il bitume funge da plastificante. Nel bitume modificato hard avviene la cosiddetta inversione di fase per cui si passa da



Phasenumkehrung auf und man steigt von einer Bitumenmatrix, in der Polymere verstreut sind zu einer kontinuierlichen polymeren Matrix, in der die Asphaltene Moleküle eingekapselt sind, um.

Da die Eigenschaften des Mischgutes überwiegend von der vorherrschenden Phase abhängen, sind sie im ersten Fall stark von den Asphaltenen des Bitumens beeinflusst, im zweiten Fall hängen sie stark von der Menge und den Eigenschaften der eingesetzten Polymere ab.

Da sich in den letzten Jahren der Kostenunterschied von „normalem“ und Polymer-modifiziertem Bitumen beträchtlich verringert hat, **lohnt es sich immer das „hard“ modifizierte Bitumen anzuwenden.** Die industrielle Modifizierung des Bitumens müsste eine höhere Zuverlässigkeit des Produkts garantieren. Auch auf dem modifizierten Bitumen sind immer Kontrollprüfungen auszuführen, um das Ausmaß der Modifizierung (Menge des zugesetzten Polymers) zu bestimmen und das Alterungsverhalten zu überprüfen.

Die Beimengung von Polymeren in Granulatform im Werksmischer ist keine Modifizierung des Bitumens, sondern nur eine Zugabe und deshalb nicht zu empfehlen.

Normales Bitumen sollte in der Regel nur für Straßen mit schwachem Aufkommen an Schwerverkehr und sich nicht in besonders klimatisch rauen Zonen befinden, verwendet werden.

una matrice di bitume in cui sono disperse le molecole di polimero ad una fase polimerica continua nella quale risultano intrappolate le molecole di asfalteni.

Poiché le proprietà della miscela dipendono dalla fase dominante, nel primo caso sono fortemente influenzate dagli asfalteni del bitume, mentre nel secondo caso sono principalmente dipendenti dalle caratteristiche e dal dosaggio del polimero.

Negli ultimi anni la differenza di costo tra il bitume “normale” e quello modificato con polimeri si è notevolmente ridotta pertanto **conviene sempre utilizzare il bitume modificato “hard”.** La modifica industriale del bitume dovrebbe garantire una maggiore affidabilità. Anche sul bitume modificato vanno eseguite sempre le prove di controllo per accertare l'entità della modifica (quantità di polimero aggiunto) e la tendenza all'invecchiamento.

L'aggiunta di polimeri in granuli nel mescolatore dell'impianto di produzione del conglomerato bituminoso è da considerarsi una additivazione e non una modifica del bitume; quindi è fortemente sconsigliata.

L'impiego del bitume normale è pertanto da destinare solo ai conglomerati bituminosi impiegati in strade a basso traffico pesante non in zone climatiche particolarmente rigide.

3.2 Zusatzstoffe Additivi

Die Haftanreger sind natürlich oder künstlich hergestellte Produkte, welche dem Bitumen oder den Zuschlagstoffen beigemischt werden, um die vorgeschriebenen Anforderungen des Mischgutes zu erreichen. Sie können für verschiedene Zwecke verwendet werden, wie zur Reduzierung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitung des Materials bei schwierigen Verlege-Bedingungen, die Regenerierung des im Mischgut enthaltenen gealterten Bitumens und zur Strukturverstärkung.

Um die **Wasserempfindlichkeit** zu verringern, müssen Zusatzstoffe (Haftanreger oder spezielle

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di **ridurre la sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o



Füller) verwendet werden, welche die Bindung von Bitumen und Zuschlagstoffen erhöhen.

. Die schlechte Haftung des Bitumens an der Oberfläche der Gesteinskörner ist einer der Hauptauslöser für die Schadensbildung eines Asphaltbelags. Typische Schäden, die durch das Ablösen des Bitumenfilms (Strippen) verursacht werden, sind Kornausbrüche der Oberfläche, Schlaglochbildung und vorzeitige Rissbildung. Diese Schäden verschlimmern sich mit der Zeit, wenn Wasser in den Belag eindringt.

Das Stripping-Phänomen ist besonders bei silikathaltigen Gesteinskörnern wie Porphyry von Bedeutung.

Da die Art der Gesteinskörnung, aus der die bituminösen Mischungen bestehen, nicht verändert werden kann, ist das einzige Element, das kontrolliert werden kann, das Bitumen. Durch die Anwendung von Haftanregern, wird das Phänomen der Ablösung vermieden oder zumindest verringert.

Ihre Dosierung variiert, je nach Nutzung nach Gesteinsart und der Eigenschaft des Produkts. Es müssen Laboruntersuchungen durchgeführt werden, um die Dosierung festzulegen, dass die Beständigkeit gegen den Einfluss auf Wasser laut den technischen Richtlinien erreicht wird. Bei der Wahl vom Haftanreger muss die Verträglichkeit mit dem im Bitumen vorhanden Polymeren geprüft werden.

Die Verwendung von **Asphaltfräsgut** kann eine Erhärtung der Mischung bewirken, und somit eine Versteifung des Mischgutes, hervorrufen vom Auflösen des alten Bitumens, was mehr oder weniger relevant ist, da es im neuem Bitumen-Füller Gemisch eingegliedert wird.

Um die Viskosität des Mastix auszugleichen, müssen Additive verwendet werden, die unterschiedliche Eigenschaften haben (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.). Die Art des Zusatzes und dessen Anwendung beeinflussen das Reaktivieren des vorhandenen Bitumens im Asphaltfräsgut. Die Dosierung muss durch Laborproben festgelegt werden, mittels Beurteilung der mechanischen Eigenschaften (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheit), und den volumetrischen Charakteren des Mischgutes. In den Studien des Mischgutes müssen die Kriterien

filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

La scarsa adesione del bitume alla superficie degli aggregati è uno dei principali meccanismi di innesco del degrado di una pavimentazione in conglomerato bituminoso. I tipici dissesti causati dal distacco della pellicola di bitume (stripping) sono lo sgranamento superficiale, la formazione di buche e la fessurazione precoce. Tali ammaloramenti peggiorano nel tempo con la penetrazione di acqua all'interno della pavimentazione.

Il fenomeno dello stripping è particolarmente rilevante con gli aggregati di natura silicea come il porfido.

Per evitare o ridurre il fenomeno dello stripping, non potendo alterare la natura dell'aggregato costituente le miscele bituminose, l'unico elemento controllabile è il bitume, attraverso l'utilizzo di attivanti di adesione.

Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela dalle Norme Tecniche di Capitolato e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela. Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato) può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle



der Auswahl, das technische Datenblatt vom Produkt, die Auswirkung der Dosierung auf den Charakteren der mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischguts durch Laboruntersuchungen festgelegt werden.

Die Zusatzstoffe müssen mit geeigneten Geräten eingeleitet werden, um eine genaue Dosierung und eine perfekte Aufteilung im bituminösen Bindemittel zu gewährleisten.

Der Hersteller muss den Nachweis erbringen, dass die verwendeten Zusatzstoffe für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet sind.

Als Alternative zu Regenerier- und/oder Fluxmittelzusätzen kann für denselben Zweck speziell formuliertes Bitumen (spezifisch für Recycling-Mischgut) verwendet werden.

Charakteristische mechanische und volumetrische des conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

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

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati (specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero).

3.3 Haftschrift/Verankerungsschicht Mano d'attacco/ancoraggio

Vor dem Einbau einer Schicht aus bituminösem Mischgut ist es notwendig, sich zu vergewissern, dass die darunter liegende Schicht den Projektanforderungen entspricht, und zwar in Bezug auf die Koten, das Profil, die Schichtstärken und die Tragfähigkeit.

Die Auflagefläche muss sauber, ohne Fremdkörper, Spuren von Erde oder Schlamm, welche durch die Baumaschinen eingebracht wurden; und frei von lockerem Sand oder Kies sein (nicht mit der vorhandenen Schicht gebunden). Sollte es erforderlich sein, so ist die Auflagefläche mit geeigneten Kehrmaschinen, oder mit Hochdruckreiniger zu säubern, sodass sie staubfrei und sauber ist.

Auf die Einbaufläche wird Bitumen heiß aufgesprüht oder Bitumenemulsionen mit spezifischen Eigenschaften und in geeigneter Dosierung aufgebracht, um eine angemessene Haftfestigkeit der Auflagefläche zu garantieren. Je nachdem, ob die Tragschicht aus einer ungebundenen Tragschicht oder aus bituminösem Mischgut besteht, bezeichnet man diese Bearbeitung als Verankerungsschicht oder Haftschrift. Bei einem Einbau auf Schichten, die mit Kalk, Kalk und Zement, Zement und Bitumenemulsion behandelt wurden, stellt die dünne Schicht von Bitumenemulsion, die für eine geschützte Reifung aufgebracht wurde, bereits die

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario accertare che lo strato sottostante abbia i requisiti di quota, sagoma, densità e portanza previsti dal progetto.

Il piano di posa deve inoltre essere pulito, privo di corpi estranei, tracce di terra o fango apportati dai mezzi di cantiere, sabbia o graniglia "vagante" (non ancorata allo strato sottostante). Quando necessario la pulizia del piano di posa deve essere eseguita con attrezzature dotate di spazzole rotanti e dispositivi aspiranti, oppure mediante idropulitrice, in modo da dare un piano depolverizzato perfettamente pulito.

Sulla superficie di stesa, allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia, vengono spruzzati bitumi a caldo o emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche e opportuni dosaggi. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco. Nel caso di stesa su strati trattati con calce, con calce e cemento, con cemento ed emulsione bituminosa, il velo di emulsione bituminosa, applicato per garantire una maturazione protetta, costituisce già la mano di



Verankerung dar, es muss aber der lose Sand oder Splitt entfernt werden.

Die **Verankerungsschicht** besteht aus einer Bitumenemulsionsschicht mit langsamer Brechzeit und geringer Viskosität, die auf einer ungebundenen Tragschicht aufgetragen wird, bevor die Schicht von bituminösem Mischgut eingebaut wird. Ziel dieser Bearbeitung ist das Ausfüllen von Hohlräumen der ungebundenen Schicht sowie die Verfestigung der Oberfläche und zugleich garantiert diese Behandlung eine bessere Haftung für die darüber liegende Schicht aus bituminösem Mischgut.

Das zu verwendende Material ist eine langsam brechende Bitumenemulsion mit 55% Restbitumen (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4), die mit einer Restbitumendosierung von mindestens 1,0 kg/m² aufgebracht wird.

Die **Haftschicht** trägt man über eine Asphaltschicht auf bevor eine weitere Schicht eingebaut wird, um mögliche Gleiterscheinungen zu verhindern und die Haftung zwischen den Schichten zu erhöhen. Als Haftschicht können warm aufgesprühter Bitumen oder, was häufiger vorkommt, eine Bitumenemulsion mit mittlerer oder schneller Brechzeit je nach vorliegenden Bedingungen, verwendet werden.

Der Typ des Bitumens welcher in der Emulsion enthalten ist (traditionell oder modifiziert) soll in der Regel derselbe sein wie der im zu verlegenden bituminösen Mischgut. Bei einer Haftschicht zwischen zwei Asphaltschichten dessen Mischgut mit modifiziertem Bitumen hergestellt wurde (neu auf neu), muss unbedingt eine modifizierte Bitumenemulsion verwendet werden.

Bei Instandhaltungsarbeiten kleineren Ausmaßes, mit schwierigen logistischen Bedingungen, ist es möglich, auch wenn das Mischgut mit modifiziertem Bitumen hergestellt wurde, Emulsion mit traditionellem Bitumen zu verwenden. Diese Entscheidung muss dennoch von der Bauleitung immer begründet werden.

Um zu vermeiden, dass die Haftschicht, nicht von den Straßenbaumaschinen entfernt wird, muss sie mit Kies, Sand, Füller oder Kalkmilch abgedeckt werden.

Nicht einwandfrei in der Haftschicht verankertes Granulat muss vor dem Aufbringen der heißen Asphaltschicht mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden.

ancoraggio a condizione che venga rimossa la sabbia o la graniglia non trattenute dall'emulsione. La **mano di ancoraggio** si realizza con un'emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

La **mano di attacco** si applica sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un altro strato allo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi, aumentando l'adesione all'interfaccia. Come mano di attacco può essere utilizzato bitume spruzzato a caldo o, come avviene molto più spesso, una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida, in funzione delle condizioni di utilizzo.

Il tipo di bitume contenuto nell'emulsione (normale o modificato) di regola deve essere dello stesso tipo con cui è confezionato il conglomerato bituminoso da mettere in opera. In particolare quando la mano d'attacco viene interposta tra due strati (nuovo su nuovo) di conglomerato bituminoso con bitume modificato, è tassativo l'impiego di un'emulsione di bitume modificato.

Negli interventi di manutenzione di piccola entità, nel caso di condizioni logistiche difficili, anche se il conglomerato bituminoso è confezionato con bitume modificato, è possibile derogare e utilizzare emulsione da bitume normale. La decisione deve comunque essere sempre motivata dalla Direzione Lavori.

La mano d'attacco, per evitare che venga asportata dai mezzi di stesa o da veicoli in transito, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce.

Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.



Die Menge an Bitumenemulsion, und Abdeckungsmaterial muss von der Verlegerfirma entsprechend dosiert werden, und so aufgebracht werden, dass dabei der Schichtenverbund laut den technischen Richtlinien garantieren ist, welcher mittels Laborproben durch Scherversuch (Leutner SN 670461) auf den entnommenen Bohrkernen, ermittelt wird.

Die empfohlene Menge, um die vorgeschriebenen Anforderungen zu erreichen, liegt bei 0,30 Kg/m² Restbitumen bei Neuverlegung, 0,35 Kg/m² bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Schicht auf eine bestehende) und bei 0,40 Kg/m² beim Einbau auf einer gefrästen Oberfläche.

Bei der Verlegung einer Asphaltsschicht über einer kurz vorher neu verlegten Schicht (neu auf neu), wenn zwischen der Verlegung von einer Schicht und der zweiten Schicht die Straße dem Verkehr geschlossen bleibt, und somit die Oberfläche auf der die neue Schicht verlegt wird, perfekt sauber ist (neue darunterliegende Schicht), kann das Auftragen einer Haftschrift weggelassen werden, immer unter der Voraussetzung, dass der Schichtenverbund zwischen den zwei Schichten laut den technischen Richtlinien gewährleistet ist. Bei Verwendung von Bewehrungssystemen (Netze) werden der Typ und die zu verwendende Menge an Haftschrift den Gegebenheiten der Materialien, der Art und Weise der Verlegung und der Funktionalität optimal angepasst.

Das Verhalten der Bitumenemulsion, in besonderen die Brechzeit (Trennung des Wassers vom Bitumen), hängt hauptsächlich von den klimatischen Bedingungen und Zonen ab, wo sie zur Anwendung gebracht werden. Im Hochsommer bei warmem und trockenem Klima ist die Brechzeit kurz, hingegen bei niedrigen Temperaturen hat dasselbe Produkt eine erheblich längere Brechzeit. Bei der Baustellenorganisation ist dies zu berücksichtigen. Zusätzlich zu den niedrigen Temperaturen und Feuchtigkeit kann sich auf der bereits gebrochenen Emulsion ein Wasserfilm bilden, und wenn solcher nicht vollkommen trocknet, (bei hoher Luftfeuchtigkeit kann sich die Verdunstungszeit erheblich verlängern) so bleibt das Wasser zwischen den Schichten eingeschlossen.

Dies hat keinen wesentlichen Einfluss auf den Schichtenverbund (die Leutner - Werte können

Il dosaggio di emulsione bituminosa e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati previsto dalle Norme Tecniche di Capitolato, determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato per raggiungere i requisiti richiesti è di 0,30 kg/m² di bitume residuo dell'emulsione bituminosa nel caso di nuove costruzioni, di 0,35 kg/m² nel caso di ricariche (stesa di uno strato sopra uno strato esistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

Nella stesa di uno strato di conglomerato bituminoso sopra uno nuovo posato poco prima (fresco su fresco), qualora tra una stesa e l'altra la strada resti chiusa al traffico e si riesca a mantenere perfettamente pulita la superficie del piano di posa (strato fresco sottostante), può essere omessa la spruzzatura della mano di attacco, fermo restando che la resistenza al taglio all'interfaccia tra i due strati deve essere conforme a quella prevista dalle Norme Tecniche di Capitolato.

In caso di utilizzo di sistemi (reti) di rinforzo il tipo ed il dosaggio della mano d'attacco vanno individuati in relazione al materiale di rinforzo alle modalità di posa in opera e alla funzionalità ottimale.

Il comportamento dell'emulsione bituminosa, in particolare il tempo di rottura (separazione del bitume dall'acqua), dipende fortemente dalle condizioni climatiche e ambientali in cui viene utilizzata. In piena estate con un clima caldo e asciutto la separazione è rapida, mentre con il freddo, lo stesso identico prodotto può avere tempi di rottura molto più lunghi.

Nell'organizzazione della logistica di cantiere si deve tenere conto di questo aspetto. Inoltre con le basse temperature e forte presenza di umidità, sopra l'emulsione già rotta si può formare una pellicola d'acqua che, se non viene lasciata asciugare completamente (in caso di forte umidità dell'aria l'evaporazione può richiedere tempi molto lunghi), rimane intrappolata tra gli strati.

Questo fatto non influisce tanto sulla connessione tra gli strati (i valori di Leutner possono essere



trotz des Wasservorkommens erreicht werden), aber auf die Nutzungsdauer des Straßenbelags, hauptsächlich dann, wenn die Arbeiten vor Wintereinbruch, und in hohen Lagen durchgeführt werden.

Wenn erhebliche Mengen von Wasser eingeschlossen sind, und dieses gefriert, so ist ein Schaden am Straßenbelag unvermeidbar.

Das Phänomen ist nicht nur auf die höheren Lagen, sondern auch auf die verschiedenen Klimazonen Südtirols bezogen: das Pustertal weist in derselben Jahreszeit eine höhere Feuchtigkeit als der Vinschgau auf.

In raueren Jahreszeiten oder Klimazonen muss die Bitumenemulsion mit höherer Temperatur (ungefähr 80 °C) und geeigneten Geräten aufgebracht werden.

raggiunti nonostante la presenza di acqua), quanto sulla vita utile della pavimentazione, soprattutto quando i lavori sono eseguiti prima dell'inverno, a quote elevate.

Se l'acqua intrappolata in quantità consistente dovesse gelare il danno alla pavimentazione è inevitabile. Il fenomeno non è legato solo all'altitudine, ma anche alle diverse zone climatiche dell'Alto Adige: la Val Pusteria a parità di stagione è certamente caratterizzata da valori di umidità superiori a quelli della Val Venosta.

In condizioni stagionali o climatiche più rigide l'emulsione bituminosa deve essere spruzzata più calda (circa 80 °C), con l'impiego di adeguate apparecchiature.

3.4 Vorkehrungen beim Einbau Accorgimenti in fase di stesa

Der Transport des Asphaltmischguts muss mit geeigneten Fahrzeugen, in ausreichender Zahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu beschicken, damit der Einbau durch die Straßenfertiger nicht unterbrochen wird. Vorzugsweise sind Fahrzeuge mit gedämmtem Laderaum zu verwenden, insbesondere wenn längere Transportzeiten geplant sind.

Die Transportfahrzeuge müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Planen ausgestattet sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Windeinwirkung zu schützen.

Der Einbau des bituminösen Mischguts erfolgt mittels Straßenfertigern, die mit einer vibrierenden Bohle ausgestattet sind, die eine effiziente Vorverdichtung der Mischung garantieren.

Die Verdichtung durch die Bohle hängt von ihrem Gewicht, von der Einstellung des Tampers, von der Frequenz und Amplitude der Vibrationen, sowie von der Arbeitsgeschwindigkeit des Straßenfertigers ab. Bei zu hoher Arbeitsgeschwindigkeit des Straßenfertigers werden die größeren Körner des Zuschlages mitgezogen und bilden so kleine Hohlräume. Bei den Verschleißschichten mit hohem Splittanteil (Splittmastix), aber auch bei den traditionell geschlossenen Verschleißschichten (AC 12) sollte

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi. I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi viene effettuata a mezzo di macchine vibro finitrici, così chiamate per la presenza nel banco di stesa di un sistema vibrante che assicura una efficace precompattazione della miscela.

La compattazione da parte del banco dipende dal suo peso, dalle impostazioni del tamper, dalla frequenza e dall'ampiezza della vibrazione e dalla velocità di avanzamento della vibro finitrice. Velocità troppo elevate della vibro finitrice provocano inoltre il trascinarsi dei granuli di aggregato più grandi con formazione di piccole cavità. Nei tappeti di usura ricchi di graniglia (splittmastix), ma anche in quelli tradizionali chiusi (AC 12), per ottenere una "tessitura" superficiale regolare e vuoti residui più bassi la **velocità di**



die **Arbeitsgeschwindigkeit** bei 4 - 5 m/min liegen, damit ein regelmäßiges, oberflächliches "Gefüge" erreicht wird und geringe Hohlräume übrigbleiben. Auch bei den Trag- und Binderschichten sollte die Arbeitsgeschwindigkeit des Straßenfertigers gering sein, um die größtmögliche Vorverdichtung des Materials zu gewährleisten und somit die beste Verteilung der Körner des Zuschlages, die Verminderung der Resthohlräume, eine homogene Verdichtung auch bei unterschiedlichen Schichtstärken (unregelmäßige Einbaufäche mit keinen Wellen und/oder Löchern) zu erreichen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf die Bildung der **Längsnähte** und Quernähte zu achten. Der Rand der bereits eingebauten Bahn muss mit Bitumenemulsion besprüht werden, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet und die Porosität des Mischguts an der Naht verringert wird. Beschädigte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die Überlappung von Längsnähten zwischen den einzelnen Schichten muss so geplant und ausgeführt werden, dass diese untereinander mindestens um 20 cm versetzt sind und nie auf die beiden Radspuren der Fahrbahn treffen, die normalerweise von den Reifen der Schwerfahrzeuge belastet werden.

Beim Einbau von Deckschichten muss, sofern die geometrischen Merkmale der Straße dies zulassen, eine einzelne Fahrbahn in voller Breite (vorzugsweise) in einem Arbeitsgang mit Fertigern mit breiter Einbaubohle oder zwei nebeneinander angeordneten Fertigern eingebaut werden. Wenn dies nicht möglich ist, sollte die Naht (vorzugsweise) durch rechtzeitiges Anfügen des zweiten Asphaltstreifens am vorherigen hergestellt werden.

Die **Quernaht** bildet sich, wenn die Einbauarbeiten wieder aufgenommen werden (normalerweise am nächsten Tag) und zwar im Anschlussbereich an eine bereits verlegte Bahn aus bituminösem Mischgut. Bevor mit dem Einbau fortgefahren wird, ist der Zustand der Naht zu kontrollieren, d. h. der Rand sollte regelmäßig und senkrecht abgekantet sein. Ansonsten muss der Rand geschnitten werden (für einen geraden senkrechten Abschluss der Naht) und der Materialüberschuss des erfolgten Einbaus entfernt werden. Dann muss die

avanzamento dovrebbe essere di 4 – 5 m/min. Anche negli strati di base e binder la velocità della vibro finitrice dovrebbe essere bassa in modo da far eseguire la massima precompattazione possibile del materiale, tale da consentire la migliore distribuzione dei granuli di aggregato, la riduzione dei vuoti residui, un omogeneo addensamento anche in caso di spessori di stesa variabili (piano di posa irregolare, con piccole ondulazioni e/o buche).

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei **giunti longitudinali** e di quelli trasversali. Il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato di emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva e ridurre la porosità del conglomerato in adiacenza del giunto. Quando il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nella stesa di conglomerati per manti di usura, nei casi in cui le caratteristiche geometriche della strada lo consentano, si deve (preferibilmente) procedere con una strisciata unica a tutta larghezza utilizzando vibrofinitrici con banco di stesa largo oppure due vibrofinitrici affiancate. Quando questo non fosse possibile il giunto deve essere (preferibilmente) realizzato mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Il **giunto trasversale** si forma quando si riprendono le operazioni di stesa (normalmente il giorno successivo) su una fascia di conglomerato bituminoso precedentemente stesa e compattata. Prima di riprendere la stesa occorre controllare che il giunto sia in buone condizioni cioè con bordo regolare e pressoché verticale. In caso contrario si dovrebbe procedere al taglio (per rendere la faccia del giunto perfettamente verticale) e alla rimozione della parte terminale della stesa precedente. Poi il giunto deve essere ripulito e, la sua faccia



Naht gesäubert und ihre Stirnseite mit einer Haftbrücke besprüht werden, um eine gute Haftung zwischen der kalten (bestehenden) und der neuen, heiß eingebauten, Schicht zu gewährleisten.

Die Verdichtung der Naht muss mit der Walze in Nahrichtung erfolgen, d.h. quer zur Fahrbahn.

Das bituminöse Mischgut muss beim Einbau warm genug sein, um eine effiziente Verdichtung und geringe Resthohlräume zu gewährleisten.

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Einbaufläche unter 10°C (5°C für Trag- und Binderschicht) liegt und wenn die allgemeinen Witterungsbedingungen (Regen, Schnee usw.) den perfekten Verlauf der Arbeiten gefährden können.

In Fällen, in denen der Einbau von Heiasphalt bei Temperaturen unter 10 °C (5 °C für Tragschicht und Bindemittel) erforderlich ist (Abschluss dringender Arbeiten, Wiedereröffnung einer Straße usw.), muss ein modifiziertes Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit verwendet werden.

3.5 Ausführung der Arbeiten unter schlechten Bedingungen Esecuzione dei lavori in condizioni difficili

Bei Asphaltoberflächen aus bituminösem Mischgut wird die starke Änderung der Viskosität des Bitumens in Funktion mit der Temperatur ausgenutzt. Das Bitumen ist wenig viskos zusammen mit den Zuschlagstoffen bei hohen Temperaturen, bei den normalen Betriebstemperaturen hingegen wird es fest und gering verformbar.

Um eine gute Verdichtung zu erreichen, und dementsprechend einen geringen Prozentanteil an Resthohlräumen, muss die Mischung während der Verdichtungsarbeiten eine Temperatur von ca. 140 °C für Normalbitumen und von 150°C für modifiziertes Bitumen haben.

Da die Temperatur der Mischung im Werk nicht zu hoch sein darf, um die Bitumeneigenschaften nicht zu beeinträchtigen (Verlust der flüchtigen Stoffe, Erhärtung des Bitumens, Sprödeheit des bituminösen Mischguts) muss man verhindern, dass das Mischgut während des Transports und des Einbaus zu sehr abkühlt.

Die Abkühlung während des Transports ist gegeben, wenn Einbauort und Produktionswerk zu weit entfernt sind. Beim Einbau kann die

vertikale, deve essere ricoperta di una mano d'attacco per garantire una buona adesione tra lo strato freddo (preesistente) e la nuova stesa calda. La compattazione del giunto deve avvenire con avanzamento del rullo nella direzione del giunto, cioè trasversale al senso di marcia dei veicoli.

Il conglomerato bituminoso al momento della stesa deve essere sufficientemente caldo per garantire un efficace costipamento e quindi l'ottenimento di basse percentuali di vuoti residui.

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10°C (per base e binder 5°C) e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del conglomerato bituminoso a caldo (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10°C (5°C per base e binder), si deve utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

Le pavimentazioni in conglomerato bituminoso sfruttano la forte variazione di viscosità del bitume in funzione della temperatura. Il bitume è un liquido poco viscoso alle alte temperature con gli aggregati lapidei, è solido e poco deformabile alle temperature di esercizio.

Per ottenere un buon addesamento, quindi una bassa percentuale di vuoti residui, al momento della compattazione la temperatura della miscela deve essere di circa 140 °C con il bitume normale, di 150 °C con il bitume modificato.

Poiché la temperatura di miscelazione all'impianto non può essere spinta troppo in alto per non danneggiare il bitume (perdita degli elementi volatili, indurimento del bitume, fragilità del conglomerato bituminoso), bisogna evitare che il conglomerato si raffreddi troppo durante il trasporto e la stesa.

Il raffreddamento in fase di trasporto può avvenire se la distanza tra l'impianto di produzione ed il sito di stesa è troppo lontano. In fase di stesa il



Abkühlung durch schlechte Witterungsverhältnisse verursacht werden: Der Kontakt (thermische Leitung) mit Regen und Schnee setzt die Temperatur des bituminösen Mischguts erheblich herab. Eine sehr kalte Außentemperatur ist hingegen weniger kritisch, da in diesem Fall die Abkühlung durch thermische Konvektion erfolgt. Man sollte jedoch vermeiden, das bituminöse Mischgut in der kalten Jahreszeit einzubauen, da mehr die Kälte der Einbaufläche als die der Außentemperatur das Mischgut abkühlt. Beim Einbau der dünneren Schichten (Verschleißschicht) sind diese Bedingungen besonders, bei dickeren (Tragschicht und Bindeschicht) weniger kritisch.

In den letzten Jahren kamen Zusatzmittel auf den Markt, die die Verdichtung des Mischgutes auch bei niedrigen Temperaturen ermöglichen.

Für den gleichen Zweck und mit größerer Benutzerfreundlichkeit sind jetzt sowohl normale als auch „hard modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit“ erhältlich.

Die geringere Viskosität dieser Bitumen ermöglicht das Walzen des bituminösen Mischguts auch bei 110°C, ohne die Steifigkeit des Belags bei den Betriebstemperaturen (unter 80°C) zu beeinträchtigen.

Die Verwendung dieser Produkte kann in der warmen Jahreszeit genutzt werden, um die Mischung bei geringeren Mischtemperaturen herzustellen (Energieersparnis, geringere Rauchentwicklung, geringere Verhärtung des Bitumens) oder um das Material über größere Distanzen zu transportieren. In der kälteren Jahreszeit kann man durch die Verwendung der üblichen Mischtemperaturen, die niedrige Viskosität (bessere Verarbeitung) ausnutzen, um die Abkühlung im Kontaktbereich der Einbaufläche zu kompensieren.

raffreddamento può essere causato da avverse condizioni atmosferiche: il contatto (conduzione termica) con la pioggia e la neve abbatte notevolmente la temperatura del conglomerato bituminoso. La temperatura molto fredda dell'aria incide molto meno in quanto il raffreddamento avviene per convezione termica. E' comunque opportuno evitare di stendere il conglomerato bituminoso nei mesi freddi perché più che l'aria è la bassa temperatura del piano di posa che fa raffreddare la miscela per conduzione termica. La situazione è particolarmente critica con gli spessori più sottili (tappeto di usura), un po meno con quelli più consistenti (base e binder).

Negli ultimi anni sono apparsi sul mercato degli additivi che consentono di compattare il conglomerato a temperature più basse.

Allo stesso scopo e con maggiore facilità di impiego sono ora disponibili bitumi ad "alta lavorabilità" sia normali che modificati hard.

La minore viscosità di questi bitumi consente la rullatura del conglomerato bituminoso anche a 110 °C, senza pregiudicare la rigidità della pavimentazione alle temperature di esercizio (sotto gli 80 °C).

L'impiego di questi prodotti può essere sfruttato nei mesi caldi per impastare a temperature più basse (risparmio energetico, minore produzione di fumi, minore indurimento del bitume) oppure per trasportare il materiale più lontano. Nei mesi più freddi, impastando alle temperature usuali, si può sfruttare la minore viscosità (maggiore lavorabilità) per compensare il raffreddamento nel contatto con il piano di posa.

3.6 Die Wahl der Verschleißschicht **La scelta del tipo di tappeto di usura**

Die primäre Aufgabe einer Verschleißschicht ist, für eine angemessene Zeitspanne (8 – 10 Jahre), hohe Rutschfestigkeitseigenschaften der Fahrbahn sowohl im trockenen Zustand als auch bei nasser Oberfläche zu garantieren. Die Aufrechterhaltung der Rutschfestigkeit erzielt man durch die Verwendung von Mineralstoffen, die sich

La funzione primaria del tappeto di usura è quella di garantire, per un adeguato periodo di tempo (8 – 10 anni), elevate caratteristiche di aderenza sia in caso di pavimentazione asciutta che di pavimentazione bagnata. Il mantenimento dell'aderenza si ottiene impiegando aggregati lapidei che non tendono a levigarsi sotto l'azione



durch die Verkehrsbelastung nicht polieren. Aus diesem Grund muss das Mineralstoffgemisch immer einen Anteil von mindestens 35% - bezogen auf die gesamte Gesteinsmischung - an grober Gesteinskörnung (Siebrückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein, mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$, enthalten.

Für die Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften und für die Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen darf der gesamte Grobkornanteil des Mineralstoffgemisches kein Karbonatgestein enthalten und das Gestein muss einen Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einen Polierwert $PSV \geq 44$ aufweisen.

Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert $LA > 20$ annehmen, wenn der Polierwert $PSV \geq 48$ ist.

Um auch bei nasser Oberfläche eine gute Haftung zu garantieren, das Aquaplaningrisiko einzuschränken und beim Vorhandensein von Wasser (wenig) und Staub rutschige Oberflächen zu vermeiden, soll die Verschleißschicht eine hohe Makrorauigkeit aufweisen.

Die Makrotextur ist die Komponente der Oberflächentextur, die auf die intergranulare Rauheit zurückzuführen ist, die durch die geometrischen Eigenschaften der in der Deckschicht verwendeten Gesteinskörnung in Bezug auf Größtmaß, Korngröße und Kornform bestimmt wird.

Die Makrorauigkeit wird durch ein sandarmes Mineralstoffgemisch garantiert, Typ **Splittmastix**.

Die technischen Richtlinien sehen vor, dass die **Makrotextur** der Verschleißschichten nach der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 gemessen wird.

Für HS-Werte, die unter den geforderten Werten liegen (0,4 mm für Deckschichten, 0,5 mm für Splittmastix), ist ein prozentualer Abzug vom Listenpreis der Verschleißschicht vorgesehen.

Auf Hauptstraßen außerorts mit zugelassener Geschwindigkeit über 50 km/h kann, um die von den Bewohnern wahrgenommenen Rollgeräusche zu senken, kann eine Verschleißschicht, welche ein Gummigranulat enthält, des **Typs Asphalt**

del traffico. Per questo la miscela degli aggregati deve contenere sempre una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale degli inerti (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$.

Per le strade extraurbane principali e per le strade a grande traffico tutti gli aggregati grossi devono essere di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$.

La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare inerti di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

Per garantire una buona aderenza anche in caso di pavimentazione bagnata, limitando il rischio di aquaplaning, e in caso di pavimentazione resa "viscida" da acqua (poca) e polvere, il tappeto di usura deve avere una elevata macrorugosità.

La macrorugosità è la componente della tessitura superficiale, riconducibile alle asperità intergranulari determinate dalle proprietà geometriche degli aggregati impiegati nello strato di usura in termini di dimensione massima, granulometria e forma dei granuli.

La macrorugosità superficiale si ottiene adottando una miscela di aggregati poco ricca di sabbia, tipo **Splittmastix**.

Le Norme Tecniche di Capitolato prevedono che per i tappeti di usura venga rilevata la **macrorugosità** con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo la Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a quelli richiesti (0,4 mm per i tappeti, 0,5 mm per lo Splittmastix) è prevista una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura.

Nelle strade extraurbane con velocità consentita superiore a 50 km/h, al fine di ridurre il rumore di rotolamento percepito da residenti vicini alla strada, può essere utilizzato un tappeto di usura con



Rubber „gap graded“ AR 16 oder **dry Italia** eingesetzt werden.

Das bituminöse Mischgut des Typ Asphalt Rubber „gap graded“ ist eine halb - geschlossene Deckschicht bestehend aus natürlichen Gesteinskörnungen in Erstanwendung und einem mit recycelten Gummigranulat modifiziertem Straßenbaubitumen (WET Methode).

Die Deckschicht mit Gummigranulat Methode „**Dry Italia**“ bestehen aus natürlichen Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Zusatzstoffen und Gummigranulat. Das Gummigranulat wird direkt in den Mischer während des Mischvorganges beigegeben (Dry Methode).

Zum Unterschied wird bei der traditionellen Dry Methode, Straßenbaubitumen (nicht modifiziert) verwendet, und es wird ein kleiner Anteil an Sand durch das Gummi-granulat ersetzt. Hingegen die „Dry-Italia“ Methode sieht die Verwendung eines polymermodifizierten Bitumens mit hoher Verarbeitbarkeit und mit einem sehr feinen Gummigranulat vor. Es wird nicht der Sand, sondern ein Anteil an Füller durch das Gummigranulat ersetzt, um somit möglichen Materialausbrüchen vorzubeugen.

Das verwendete modifizierte Bitumen garantiert bessere mechanische Eigenschaften. Die hohe Verarbeitbarkeit ermöglicht es die Emissionen bei dem Mischvorgang und Einbau einzuschränken.

Die besondere Eigenschaft der Körnungskurve und die Zugabe vom Gummigranulat ermöglichen es die Rollgeräusche herabzusetzen.

Die derzeitige Erfahrung in Südtirol zeigt, dass die Anwendung der „**Dry Italia**“ Methode der **Asphalt Rubber** „gap graded“ vorzuziehen ist.

Nur für **Straßen innerhalb von Ortschaften**, wo die Geschwindigkeit der Fahrzeuge geringer ist, kann eine feinkörnigere Verschleißschicht AC 10 eingesetzt werden. Dieser erleichtert zusätzlich die Verarbeitung bei den Anschlüssen an den Schächten.

Im Betracht gezogen der Schwierigkeiten beim Verlegen und Walzen in der Nähe von fixen Hindernissen und Verbindungen, soll die Bohrkernentnahme für die Laborproben (Hohlraumgehalt) mindestens einen Meter von dessen entfernt entnommen werden.

polverino di gomma tipo **asphalt rubber** „gap graded“ o **dry Italia**.

Il conglomerato bituminoso tipo **asphalt rubber** „gap graded“ è una miscela semi-chiusa costituita da aggregati lapidei di primo impiego e da bitume modificato con polverino di gomma riciclata mediante metodologia wet.

Il tappeto di usura con polverino di gomma metodo „**dry Italia**“ è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati naturali, bitume modificato ad alta lavorabilità, additivi e polverino di gomma inserito direttamente al momento della miscelazione (tecnica dry).

A differenza del tradizionale metodo “dry”, che utilizza bitume tal quale (non modificato) e consiste nel sostituire una piccola parte della sabbia con granuli di polverino di gomma, la tecnica “dry Italia” prevede l’impiego di bitume modificato ad alta lavorabilità e polverino di gomma con granulometria molto fine. Non si tratta più di sostituire la sabbia, ma il filler, evitando così i fenomeni di possibile sgranamento.

L’impiego del bitume modificato garantisce il miglioramento delle prestazioni meccaniche, mentre l’alta lavorabilità consente la riduzione dei fumi prodotti nella fase di miscelazione e stesa.

La particolare granulometria degli aggregati e l’inserimento del polverino di gomma permettono una consistente riduzione del rumore di rotolamento.

Allo stato attuale delle esperienze maturate con le applicazioni fatte in Alto Adige il metodo „**dry Italia**“ è da preferire al metodo **asphalt rubber** „gap graded“.

Solo per le **strade urbane**, dove la velocità di marcia dei veicoli è più bassa, può essere utilizzato un tappeto più fino (tipo AC 10), che facilita i raccordi della pavimentazioni con i chiusini e le caditoie.

Considerate le difficoltà operative di stesa e rullatura il prelievo delle carote per la verifica del grado di addensamento (percentuale di vuoti residui) deve essere fatto alla distanza di almeno un metro da ostacoli fissi e giunti di stesa.



Eine weitere Art von Deckschichten sind **helle Deckschichten**, die für verschiedene Zwecke eingesetzt werden: in Tunneln zur Senkung des Energieverbrauchs durch die Beleuchtung, in landschaftlich und denkmalpflegerisch wertvollen Gebieten, in städtischen Gebieten, wo „Wärmeinseln“ gemildert werden sollen.

Nach Angaben der European Asphalt Pavement Association (EAPA) sind helle Beläge dem traditionellen „schwarzen“ Asphalt sowohl in Bezug auf die Leuchtdichte (Fähigkeit, Lichtwellen zu reflektieren) als auch auf den Kontrast zu Straßenmarkierungen überlegen. Jüngste experimentelle Untersuchungen, die im Rahmen des INTERREG IV-Projekts - Innovative Beschichtungen und Beleuchtungen für Tunneln IBBT (ID 5273) durchgeführt wurden, ergaben helle Oberflächen Energieeinsparungen bei der Tunnelbeleuchtung von bis zu 30 bis 40 %.

Helle Beläge müssen aus hellen Zuschlagstoffen und Bindemitteln bestehen.

Im Bereich der flexiblen Beläge können Bindemittel für helle Beläge Bitumen oder Kunstharze mit einem geringen Asphaltenanteil sein, die eine sehr helle Bernsteinfarbe annehmen.

Zwischen den Lösungen mit starren Belägen und jenen mit flexiblen Belägen liegen die halbstarren Deckschichten. Es handelt sich um hochporöse Asphaltmischungen, die mit hellen Zementmörteln verfüllt sind. Bei dieser Technik, die in der Regel auf Flughäfen angewandt wird, wird ein poröser Asphalt (mit einem Hohlraumanteil von 20 bis 30 %) verlegt, das anschließend mit einem flüssigen, faserverstärkten, hellen Zementmörtel verfüllt wird. Die daraus resultierende Schicht ist besonders leistungsfähig, da das Material sowohl die Flexibilität und Duktilität eines Asphaltmischguts als auch die Steifigkeit eines Betons aufweist. Außerdem bleibt der Belag dank des Zementmörtels auf der Oberfläche hell.

Zusammenfassend:

- Auf Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften und Straßen außerhalb von Ortschaften mit sehr hohem Verkehrsaufkommen sollte die

Una ulteriore tipologia di tappeti di usura è quella dei **tappeti chiari** da utilizzare per scopi diversi: nelle gallerie per la riduzione dei consumi energetici dell'illuminazione, nelle zone ad elevato pregio paesaggistico e storico monumentale, nelle aree urbane dove si vogliono attenuare le "isole di calore".

Secondo l'European Asphalt Pavement Association (EAPA) le pavimentazioni chiare risultano superiori rispetto ai tradizionali conglomerati bituminosi "neri" sia in termini di luminanza (capacità di riflettere le onde luminose) che di contrasto con la segnaletica orizzontale. Recenti indagini sperimentali condotte nell'ambito del Progetto INTERREG IV – Pavimentazione rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie IBBT (ID 5273) hanno valutato un risparmio energetico nell'illuminazione delle gallerie fino al 30 ÷ 40% in presenza di superfici chiare.

Le pavimentazioni chiare devono essere costituite da aggregati e da leganti di colore chiaro.

Nel campo delle pavimentazioni flessibili i leganti da per la realizzazione di pavimentazioni chiare possono essere bitumi o resine sintetiche a basso tenore di asfaleni che assumono una colorazione ambrata molto chiara.

Tra le soluzioni con pavimentazioni rigide e quelle con pavimentazioni flessibili si inseriscono i tappeti di usura semiflessibili. Si tratta di conglomerati bituminosi fortemente porosi intasati con malte cementizie di colore chiaro. Tale tecnica, generalmente utilizzata in ambito aeroportuale, consiste nella stesa di un tappeto di usura drenante (con una percentuale di vuoti compresa tra il 20 e il 30%) e nella successiva saturazione dello strato con una malta cementizia fluida, fibrorinforzata, di colore chiaro. La sovrastruttura ottenuta risulta estremamente performante poiché il materiale eredita sia la flessibilità e la duttilità di un conglomerato bituminoso che la rigidità di un calcestruzzo. Inoltre la pavimentazione rimane di colorazione chiara per la presenza in superficie della malta cementizia.

Riepilogando:

- nelle strade extraurbane principali o extraurbane secondarie a forte traffico dovrebbe essere utilizzato il tappeto tipo AC



Verschleißschicht AC 12 mit Grobkorn nicht karbonatischer Natur verlegt werden;

- Auf Straßen außerhalb von Ortschaften mit mittleren - bis mäßigem Verkehrsaufkommen sollte die Verschleißschicht AC 12 mit einem Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur von 35% verlegt werden, bezogen auf die gesamten Zuschlagstoffe.
- Auf Straßen mit kritischen Umweltverhältnissen (Aquaplaningrisiko, Gefahr von Eisbildung, Risiko der Bildung rutschigen Schichten) sollte Splittmastixasphalt (SMA 12) eingebaut werden;
- In Ortsdurchfahrten und Stadtstraßen, bei denen Einbauschwierigkeiten z. B. durch die Anwesenheit von Schächten und Straßenabläufen entstehen, kann anstelle der Verschleißschicht AC 12 die Verschleißschicht AC 10 für Straßen innerhalb von Ortschaften verlegt werden.
- In Straßen außerhalb von Ortschaften mit einer Geschwindigkeitszulassung über 50 km/h, kann zur Senkung des Rollgeräusches die Verschleißschicht mit der Zugabe eines Gummigranulats, vorzugsweise der Typ **dry Italia** verwendet werden;
- Helle Verschleißschichten können in Tunnels, um Energie zu sparen, in Vorortstraßen und städtischen Straßen, und in landschaftlich besonders reizvollen oder denkmalgeschützten Gebieten und überall dort wo Wärmeinseln reduziert werden sollen, verwendet werden

Die technischen Richtlinien für bituminöse Beläge, Straßenober – und Unterbau sind an der Internetseite [Technische Bestimmungen, Richtlinien & Studien | Öffentliche Bauten | Autonome Provinz Bozen - Südtirol](#) abrufbar.

12 con tutti gli aggregati grossi di natura non carbonatica;

- nelle strade extraurbane secondarie a traffico medio – basso dovrebbe essere utilizzato il tappeto tipo AC 12 con il 35% di aggregati grossi di natura non carbonatica.
- nelle strade con particolari criticità ambientali (rischio di aquaplaning, zone esposte alla formazione di ghiaccio o di patina superficiale “viscida”) dovrebbe essere utilizzato lo splittmastix asphalt (SMA 12);
- nelle strade urbane o traverse urbane con difficoltà di stesa provocate dalla presenza di chiusini e caditoie, in alternativa al tappeto AC 12, può essere utilizzato il tappeto AC 10 per strade urbane;
- Nelle strade extraurbane con velocità consentita superiore a 50 km/h, al fine di ridurre il rumore di rotolamento, può essere utilizzato un tappeto di usura con polverino di gomma, preferibilmente tipo **dry Italia**;
- Nelle gallerie di strade extraurbane e di strade urbane, al fine di perseguire il risparmio energetico, e nelle zone di particolare pregio paesaggistico o storico monumentale, dove si vogliono ridurre le isole di calore si possono utilizzare tappeti di colore chiaro.

Le direttive tecniche per pavimentazioni bituminose, fondazioni e sottofondi stradali si trovano sul sito [Direttive e norme tecniche | Opere pubbliche | Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige](#).

4. Instandhaltung der bestehenden Straßen Manutenzione delle pavimentazioni esistenti

4.1 Ursache des Verfalls und Arten der Schäden Cause del degrado e tipi di ammaloramento

Die Straßenbeläge erfahren im Lauf ihrer Lebensdauer durch die Verkehrslasten und durch die Witterungsverhältnisse einen progressiven

Le pavimentazioni stradali, nel corso degli anni di esercizio, sotto l'azione dei carichi di traffico e degli agenti atmosferici subiscono un progressivo



Verfall, der zuerst die Oberflächeneigenschaften (Rutschfestigkeit und Ebenmäßigkeit), später die strukturellen Eigenschaften betrifft.

Diese Schäden, sowohl der Oberfläche als auch der Struktur, können durch visuelles und instrumentelles Monitoring erfasst werden. Wenn sie sichtbar werden, ist der Verfall bereits fortgeschritten.

Unter Oberflächenschäden versteht man die Materialausbrüche, die polierten Mineralstoffe (rutschig), die Öffnung des Längsrisses, die thermischen Risse und die Spurrinnenbildung die allerdings nicht sehr häufig auftreten (in Italien und in Südtirol).

Der strukturelle Schaden ist an der ausgeprägten Rissbildung (krokodilhautartig) zu erkennen.

Das Wasser, das durch die Risse in die Straße bis zum Unterbau eindringt, zerbröckelt das bituminöse Mischgut und beeinträchtigt die Tragfähigkeit der ungebundenen Schichten. Sobald die Risse auftreten, schreitet der Verfall relativ schnell voran bis zur Bildung von Setzungen. Der strukturelle Schaden wirkt sich dann auch negativ auf die Oberflächeneigenschaften aus, insbesondere auf die Ebenmäßigkeit der Fahrbahn.

Bevor Instandhaltungsmaßnahmen getroffen werden, müssen vorerst der Schadenstyp und der Schadensgrund ermittelt werden.

Die Eingriffe, um die oberflächlichen Schäden zu beheben, sind einfach und am billigsten.

Die **Öffnung der Längsnaht** (pünktlicher Materialausbruch durch Verdichtungsmangel) kann durch Versiegelung saniert werden. Es werden Techniken bevorzugt bei welchem die Risse nach einer gründlichen Reinigung mit einem gießbaren Produkt welches kalt verlegt wird, verfüllt werden.

Die Versiegelung wird auch für das Schließen anderer Rissarten empfohlen, wie z. B. thermische Risse (Frost-/Tau-Zyklen), Risse, die durch kleine Hangsenkungen verursacht werden, und erste Ermüdungsrisse.

Die **Materialausbrüche** der Verschleißschicht und/oder die **Polierung der Zuschlagstoffe** (geringe Rutschfestigkeitswerte) werden durch den Einbau einer neuen Verschleißschicht behoben, wobei es nicht notwendig ist die alte Schicht

degrado, prima delle caratteristiche superficiali (aderenza e regolarità) e successivamente anche delle caratteristiche strutturali.

Gli ammaloramenti, sia superficiali che strutturali, possono essere previsti attraverso il monitoraggio visivo e strumentale. Possono essere rilevati a vista solo quando il livello di degrado è piuttosto avanzato.

Rientrano tra gli ammaloramenti superficiali gli sgranamenti, gli aggregati levigati (scivolosi), l'apertura del giunto longitudinale di stesa, le fessure di natura termica e gli ormaimanti che sono in genere poco frequenti (in Italia e nella Provincia Autonoma di Bolzano).

Il danno strutturale si manifesta invece con uno stato fessurativo diffuso (a pelle di coccodrillo).

L'acqua che dalle fessure penetra all'interno della pavimentazione, fino al sottofondo, disgrega il conglomerato bituminoso e riduce la portanza degli strati non legati. Per questo motivo, quando le fessure cominciano a diffondersi, il degrado della pavimentazione evolve rapidamente fino alla formazione di avvallamenti. Il danno strutturale incide negativamente anche sulle caratteristiche superficiali, in particolare sulla regolarità del piano viabile.

Prima di progettare gli interventi di manutenzione bisogna quindi individuare il tipo di danno e la causa che lo ha provocato.

Gli interventi per risanare gli ammaloramenti superficiali sono quelli meno costosi e più facili da eseguire.

L'**apertura del giunto longitudinale** di stesa (sgranamento locale per carenza di addensamento) può essere definitivamente sanata mediante la sigillatura. Più dei nastri preformati, sono da preferire le tecniche che prevedono l'impiego di prodotti colabili a freddo all'interno delle fessure, dopo un'accurata pulizia.

La sigillatura è consigliata anche per la chiusura degli altri tipi di fessure come quelle di origine termica (cicli caldo/freddo), quelle causate da piccoli cedimenti delle scarpate e le prime fessure da fatica.

Gli **sgranamenti** del tappeto di usura e/o la **levigazione degli aggregati** (scarsi valori di aderenza) vengono eliminati con la stesa di un nuovo tappeto di usura, senza necessariamente fresare il tappeto vecchio, salvo che non vi siano vincoli di quota.



abzufräsen, außer die Fahrbahn ist höhenmäßig am seitlichen Bestand gebunden.

Bereiche mit Spurrinnen hingegen müssen immer vor dem Einbau der neuen Deckschicht abgefräst werden. Die Wahl der Verschleißschicht ist im vorhergehenden Kapitel beschrieben worden.

Vermehrte Rissbildungen sind immer ein Zeichen, dass die Schichten der Beläge (bituminöses Mischgut) umgehend beschädigt sind. Dies geschieht, weil sich die Risse an der Basis der verbundenen Schichten bilden. Sobald man sie an der Oberfläche sieht, haben sie bereits alle Asphaltsschichten des bituminösen Mischguts durchdrungen. Wenn die Risse vermehrt nach 15 - 20 Jahren nach dem Einbau des gesamten Schichtpaketes auftreten und sich ausbreiten, so hat der Belag mit größter Sicherheit seine Lebensdauer aufgrund von Ermüdung erreicht. Die Tragschichten, das Fundament und der Unterbau müssen nicht unbedingt davon betroffen sein.

Umgekehrt, hat der Belag ein geringes Lebensalter (weniger als 10 Jahre) und die Rissbildung ist von ausgeprägten Setzungen begleitet, so liegt die Ursache in der geringen Tragfähigkeit der Tragschichten, und/ oder der Straßenfondation und/ oder des Unterbaus (plastische Materialien, wasserempfindlich).

4.2 Erneuerung des Asphaltbelages Rifacimento totale della pavimentazione

Ist der Belag verbreitet mit Rissen durchzogen, müsste er **erneuert werden** (Austausch des gesamten Asphaltpakets), nachdem die Tragschicht und der Unterbau überprüft und eventuell saniert wurden.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Kosten für das Abtragen (Abfräsen) und die Erneuerung von Asphaltsschichten sehr hoch sind, während die Kosten für die Stabilisierung der Tragschichten, der Fondation und des Unterbauplanums mit Kalk und/oder Zement relativ gering sind.

Diese Art von Eingriffen, die als definitiv zu betrachten sind, können auch auf einer einzigen Fahrspur und für Teilstrecken durchgeführt werden. In diesen Fällen sollte in zwei Durchgängen gefräst werden, wobei der erste Durchgang über eine größere Breite erfolgt, so

Le **zone ormaiate** devono invece essere sempre fresate prima della posa del nuovo tappeto di usura. Per le modalità di scelta del tipo di tappeto di usura da realizzare si rimanda al paragrafo precedente.

Lo **stato fessurativo diffuso** è sempre segno che gli strati legati della pavimentazione (conglomerati bituminosi) sono totalmente compromessi. Questo perché le fessure si innescano alla base degli strati legati. Quando sono visibili a vista sulla superficie stradale hanno ormai attraversato (tagliato) tutti gli strati in conglomerato bituminoso. Se le fessure (diffuse) si manifestano dopo 15 – 20 anni dalla realizzazione dell'intero pacchetto, la pavimentazione è quasi certamente giunta alla fine della vita utile a causa del fenomeno della fatica, senza che siano necessariamente compromessi, in modo grave, gli strati di base, lo strato di fondazione ed il sottofondo.

Viceversa, se la pavimentazione ha pochi anni di vita (meno di 10) e lo stato fessurativo è associato a consistenti avvallamenti, è certamente dovuto alla scarsa portanza degli strati di base, e/o della fondazione e/o del sottofondo (materiali plastici, sensibili all'acqua).

Quando la pavimentazione si presenta diffusamente fessurata sarebbe da **rifare completamente** (sostituzione di tutti gli strati legati) dopo avere verificato ed eventualmente bonificato lo strato di fondazione ed il sottofondo. Si evidenzia che, a fronte di un costo molto elevato per la rimozione (fresatura) ed il rifacimento degli strati in conglomerato bituminoso, il trattamento di stabilizzazione con calce e/o cemento di fondazione e sottofondo incide relativamente poco. Questo tipo di intervento, da considerare risolutivo, può essere eseguito anche su una sola corsia e per tratti saltuari. In questi casi la fresatura dovrebbe essere eseguita in due passate, la prima su una larghezza maggiore, in modo da creare uno scalino su entrambi i lati, largo almeno 10 cm.



dass auf beiden Seiten eine mindestens 10 cm breite Stufe entsteht.

Beim ersten Fräsdurchgang muss eine Tiefe von 9 - 10 cm erreicht werden, was die Gesamtstärke der beiden neuen Schichten, Binder- und Verschleißschicht entspricht. Die Tiefe des zweiten Fräsdurchgangs sollte der Stärke der neuen Tragschicht entsprechen; (10 - 12 cm wenn sie im Heißverfahren hergestellt wird, 15-18 cm wenn kaltrecyceltes Mischgut verwendet wird).

Die eventuelle Sanierung der Tragschicht sollte eine Dicke von 25 - 30 cm umfassen, einschließlich der verbleibenden Asphaltschicht nach dem zweiten Fräsdurchgang. Ist das Material der alten Tragschicht plastisch ($IP > 6$), muss man sie mit Kalk vorbehandeln.

Die Stabilisierung der Tragschicht kann nur mit Zement oder mit Zement und Bitumenemulsion erfolgen.

Die Verwendung von Bitumen zusätzlich zum Zement erhöht die Kosten um einiges, aber die bessere Qualität ermöglicht es, die Kosten durch eine Reduzierung der Stärke der darüber liegenden Schichten aus bituminösem Mischgut zu kompensieren.

Die Arbeiten werden mit dem Neubau der Tragschicht im Heißverfahren (10-12 cm) oder Kaltverfahren (15 - 18 cm), der Binderschicht (immer im Heißverfahren) und der Verschleißschicht abgeschlossen.

La profondità della prima fresatura dovrebbe essere di 9 – 10 cm corrispondente alla somma degli spessori dei nuovi binder e tappeto di usura. La profondità della seconda fresatura dovrebbe essere corrispondente allo spessore del nuovo strato di base (10 – 12 cm se previsto con conglomerato a caldo, 15 – 18 cm se previsto con conglomerato riciclato a freddo).

L'eventuale bonifica dello strato di fondazione dovrebbe interessare uno spessore di 25 – 30 cm comprendente anche l'eventuale residuo di conglomerato bituminoso rimasto sotto al livello della seconda fresatura. Se il materiale della vecchia fondazione risulta plastico ($IP > 6$) è necessario un pretrattamento con calce.

La stabilizzazione dello strato di fondazione può avvenire con il solo cemento, oppure con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata.

L'impiego del legante bituminoso in aggiunta del cemento determina un costo sensibilmente più elevato, ma le maggiori prestazioni consentono di coprire il maggiore costo attraverso la riduzione degli spessori dei sovrastanti strati in conglomerato bituminoso.

L'intervento viene completato con il rifacimento dello strato di base a caldo (10 -12 cm), oppure a freddo (15 – 18 cm), del binder (sempre a caldo) e del tappeto di usura.

4.3 Teilsanierung des Asphaltbelages Rifacimento parziale della pavimentazione

Wenn die wirtschaftlichen Ressourcen eine vollständige Renovierung nicht zulassen, kann eine **Teilmaßnahme** durchgeführt werden, die natürlich je nach Umfang der Instandhaltung von begrenzter Dauer sein wird.

Eine Lösung von gewissem Umfang kann der Austausch des vorhandenen Asphaltmischguts in einer Stärke von ca. 10 cm (Binder + Deckschicht) sein.

Das Abfräsen sollte vorzugsweise in zwei Arbeitsgängen erfolgen, die der Stärke der neuen Deckschicht und des Binders entsprechen, so dass auf jeder Seite eine Stufe von etwa 10 cm entsteht.

Qualora le risorse economiche non consentano il rifacimento totale, si può procedere con un **intervento parziale** che ovviamente avrà una durata più limitata, legata alla profondità di risanamento adottata.

Una soluzione di un certo respiro può essere rappresentata dalla sostituzione del conglomerato bituminoso esistente per uno spessore di circa 10 cm (binder + tappeto di usura).

La fresatura dovrebbe essere preferibilmente eseguita in due passate, corrispondenti allo spessore del nuovo tappeto e del binder, in modo da realizzare una scalettatura di circa 10 cm per lato.



Auf der durch das Fräsen entstandenen Oberfläche sollte zumindest in den an den stärksten beschädigten Bereichen (wo die meisten Risse vorhanden waren) Bitumenemulsion (Haftbrücke) und Armierungsgitter aus Glas- oder Kohlefaser verwendet werden.

Für die Wahl des zu verwendenden Bewehrungstyps und für Betriebsanweisungen wird auf die Liste, der von der Autonomen Provinz Bozen zugelassenen Bewehrungssysteme für bituminöse Beläge verwiesen [elenco sist rinforzo def \(provincia.bz.it\)](http://provincia.bz.it)

Bei möglicherweise aufsteigendem Wasser aus den darunter liegenden Schichten (Risse, Porosität usw.) kann die Verwendung eines Kombiprodukts in Betracht gezogen werden, das aus einer bituminösen Membran mit einem Glasfasernetz besteht. Diese Art von Produkt ermöglicht die gleichzeitige Abdichtung der gefrästen Auflage, die Verankerung neuer Schichten und die Eindämmung der aufsteigenden Risse.

Kombiprodukte müssen mit zwei Schichten (Binder + Verschleißschicht) Heiasphalt überzogen werden.

Weniger anspruchsvoll, aber noch weniger wirksam ist die Verwendung von Bitumenemulsion allein (aus modifiziertem Bitumen), mit einer Dosierung von ca. 1,5 kg/m² und Sättigung mit Splitt. Nachdem die Verbundschicht (**SAMI**) hergestellt wurde, können die Binderschicht (ca. 5 - 6) und die Deckschicht (3 - 4 cm) eingebaut werden.

Die von der Fräse hergestellte Verlegefläche muss in jedem Fall eben und frei von Hohlräumen sein, die durch die Ablösung von Asphaltkrusten oder durch örtliches Abbröckeln entstehen. Diese Situationen treten vor allem auf, wenn die Restdicke der Asphaltschicht einige Zentimeter beträgt, seltener, wenn die Frshhe ein bis zwei Zentimeter über der Quote liegt, die zwei verschiedene Asphaltschichten trennt.

Um diese kritische Situation zu vermeiden und die Frästiefe richtig festzulegen, muss man im Voraus den Schichtenaufbau (Stärke) der verschiedenen Asphaltschichten kennen, aus denen der vorhandene Belag besteht. Es ist daher ratsam, vor der Ausarbeitung des Instandhaltungsprojekts Bohrkern zu entnehmen, um die Stärken zu bestimmen, etwa einen Bohrkern alle 100 m.

Sul piano realizzato dalla fresatura, almeno nelle zone maggiormente ammalorate (dove erano presenti le fessure pi diffuse), dovrebbero essere utilizzate emulsione bituminosa (mano d'attacco) e rete di rinforzo in fibra di vetro o di carbonio.

Per la scelta del tipo di rinforzo da utilizzare e per le indicazioni operative si rimanda all'elenco dei sistemi di rinforzo per pavimentazioni bituminose ammessi dalla Provincia Autonoma di Bolzano [elenco sist rinforzo def \(provincia.bz.it\)](http://provincia.bz.it)

In presenza di possibile risalita di acqua dagli strati sottostanti (fessure, porosit, ecc.) pu essere valutata l'opportunit di impiegare un geocomposito costituito da una membrana bituminosa contenente una rete in fibra di vetro. Questo tipo di prodotto consente di realizzare contemporaneamente l'impermeabilizzazione del fondo di fresatura, l'acoraggio dei nuovi strati ed il contenimento della risalita delle fessure.

I sistemi di rinforzo geocompositi (membrane) devono essere ricoperti da due strati (binder + usura) di conglomerato bituminoso a caldo.

Meno impegnativo, ma ancor meno efficace,  l'impiego di sola emulsione bituminosa (di bitume modificato), con dosaggio di circa 1,5 kg/m² e saturazione con graniglia. Una volta realizzato lo strato di sconnessione (**SAMI**) si pu procedere alla stesa dello strato di binder (circa 5 - 6) e del tappeto di usura (3 - 4 cm).

Il piano di posa, realizzato dalla fresatrice, deve essere in ogni caso regolare, privo di cavit prodotte dal distacco di placche di conglomerato bituminoso o da sgranamenti localizzati. Queste situazioni si determinano prevalentemente quando lo spessore residuo del conglomerato bituminoso  di qualche centimetro, in modo meno frequente quando la quota di fresatura  di uno, due centimetri sopra al piano che separa due diversi strati di conglomerato bituminoso.

Per evitare questa criticit, impostando correttamente la profondit di fresatura,  necessario conoscere preventivamente la stratigrafia (spessori) dei diversi strati di conglomerato bituminoso che compongono la pavimentazione esistente. Prima di redigere il progetto degli interventi di manutenzione  pertanto opportuno il prelievo di carote per



In den Fällen, in denen unterhalb der Fräsarbeiten, auch abschnittsweise, eine Stärke des alten Asphaltmischgutes von weniger als 3 cm verbleibt, sollte das gesamte Asphaltmischgut bis auf die ungebundene Tragschicht abgetragen werden. Vor dem Verlegen der neuen Binderschicht muss auf den alten ungebundenen Tragschicht eine Verankerungsschicht aufgebracht werden, indem (nach Anfeuchten des Untergrunds) eine langsam brechende Bitumenemulsion mit 55% Restbitumen (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4) aufgespritzt wird.

Die Dosierung der Emulsion muss je nach Bedarf der Saugfähigkeit der vorhandenen Auflage bis zu einem Maximum von 1,0 kg/m² Restbitumen angepasst werden.

Wenn die alte Auflage so geschlossen ist, dass sie die Emulsion überhaupt nicht mehr aufnimmt, kann nach Ermessen des DL die Verankerungsschicht weggelassen werden.

In Fällen, in denen die Reststärke der alten Asphaltschicht mehr als 3 cm beträgt aber Unregelmäßigkeiten auf der Verlegefläche vorhanden sind, ist es erforderlich, diese durch den Einbau von ca. 2 cm des in den Technischen Richtlinien dazu vorgesehenen Mischgutes neu zu gestalten.

l'individuazione degli spessori, orientativamente una carota ogni 100 m.

Nei casi in cui sotto la fresatura restassero, anche in tratti saltuari, spessori del vecchio conglomerato bituminoso inferiori ai 3 cm, è opportuno rimuovere tutto il conglomerato bituminoso fino ad arrivare ovunque allo strato di fondazione. Prima di procedere alla stesa del nuovo strato di binder, sopra alla vecchia fondazione deve essere realizzata una mano di ancoraggio spruzzando (dopo aver inumidito la fondazione) una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4).

Il dosaggio dell'emulsione deve essere adottato di volta in volta in base alla capacità di assorbimento della superficie esistente fino ad un massimo di 1,0 kg/m² di bitume residuo.

Qualora il vecchio strato di fondazione risulti particolarmente chiuso da non assorbire minimamente l'emulsione, a discrezione della DL, la mano di ancoraggio può essere omessa.

Nei casi in cui lo spessore residuo del vecchio conglomerato bituminoso risultasse maggiore di 3 cm e si presentassero ugualmente irregolarità sul piano di posa è necessario procedere ad una risagomatura mediante la stesa di circa 2 cm dello specifico conglomerato bituminoso previsto dalle Norme Tecniche di Capitolato.

4.4 Verbreiterung der Fahrbahn Allargamento della pavimentazione stradale

Bei einer Verbreiterung der Fahrbahn muss der Eingriff wie bei einem Neubau geplant werden.

Zunächst ist die Tragfähigkeit des Unterbaus zu prüfen und gegebenenfalls (bei zu geringer Tragfähigkeit) eine Bonifizierung vorzunehmen, entweder durch Austausch oder durch eine Stabilisierungsbehandlung bis zur erforderlichen Tiefe.

Bei Vorhandensein von Grundwasser, kapillarbedingtem Wasserrückstau, Frostgefahr (zu bewerten in Abhängigkeit von der Klimazone der Maßnahme), sind Drainage- und/oder Anti-Kapillarschichten vorzusehen, wobei besonders auf die Art und Weise der Entfernung des abgeleiteten Wassers zu achten ist.

Die Dimensionierung des Aufbaues ist an den Umfang der Verbreiterung gebunden.

Negli allargamenti della pavimentazione stradale si deve procedere alla progettazione dell'intervento come nel caso di nuove costruzioni.

Deve essere inizialmente valutata la portanza del sottofondo ed eventualmente procedere (nel caso di portanza troppo bassa) alla bonifica, mediante sostituzione oppure con trattamento di stabilizzazione fino alla profondità necessaria.

In presenza di falda, risalita di acqua per capillarità, rischio gelo (da valutare in relazione alla zona climatica dell'intervento) devono essere previsti drenaggi e/o strati anticapillari ponendo particolare attenzione alle modalità di allontanamento dell'acqua drenata.

Il dimensionamento della pavimentazione è legato all'entità dell'allargamento.



Bei Arbeiten, die eine ganze Fahrbahn betreffen, oder wenn die Erneuerung der gesamten Fahrbahn geplant ist, muss das Schichten-Paket den Angaben des Verzeichnisses für Bezugsbauweisen für diese Klimazone, der Tragfähigkeit des Unterbaus und der zu erwartenden Verkehrsbelastung entsprechen.

Bei einer begrenzten Verbreiterung (weniger als eine Fahrspur) kann der Oberbau der gleiche sein wie der vorhandene.

Wenn der Eingriff auch eine Verbreiterung des Straßenkörpers auf mehr als einen Meter erfordert, ist es ratsam, einen "leichten" provisorischen Belag vorzusehen und die Erneuerung des endgültigen Belags um ein oder zwei Jahre zu verschieben.

In allen Fällen sollte die Fuge zwischen der alten und der neuen Schicht (ggf. einschließlich Böschungen, Unterbau, Auffüllungen) nicht mehr als die Dicke (und nicht weniger als 20 cm) versetzt sein, beginnend mit der untersten Schicht, vom äußeren Rand zur Straßenmitte hin.

Über der ersten Asphaltschicht, von unten beginnend, ist quer zur Fuge ein mindestens 1 m breites Bewehrungssystem (siehe Liste unter Punkt 3.3) einzubauen.

Per interventi che interessano un'intera corsia, oppure nel caso si preveda il rifacimento della pavimentazione di tutta la carreggiata il pacchetto degli strati deve essere quello previsto dal Catalogo delle Pavimentazioni per quella zona climatica, per la portanza del sottofondo, per il carico di traffico previsto.

Per allargamenti limitati (inferiori alla larghezza di una corsia) la pavimentazione può essere uguale a quella esistente.

Qualora l'intervento richieda anche l'allargamento del corpo stradale per altezze maggiori di un metro, è opportuno prevedere una pavimentazione provvisoria "leggera" rimandando il rifacimento della pavimentazione definitiva di uno o due anni.

In tutti i casi è necessario evitare che il giunto tra gli strati vecchi e nuovi (eventualmente compresi quelli di rilevato, sottofondi, bonifiche) sia sfalsato di una quantità maggiore dello spessore (e non inferiore a 20 cm), a partire da quello più in basso, procedendo dal ciglio esterno verso il centro della strada.

A cavallo del giunto, sopra al primo strato di conglomerato bituminoso a partire dal basso, va inserito un sistema di rinforzo (vedi elenco di cui al punto 3.3) di larghezza di almeno 1 m.

4.5 Erneuerung der Verschleißschicht Rifacimento del solo tappeto di usura

Wenn je nach den verfügbaren Mitteln eine noch wirtschaftlichere Lösung gefunden werden soll, kann der Eingriff nur oberflächlich sein: es wird nur eine 3 oder (vorzugsweise) 4 cm dicke **Verschleißschicht** erneuert.

Wenn es Probleme mit der Kote gibt, kann in diesen Fällen ein Fräsdurchgang auch helfen um Unregelmäßigkeiten auf der Fahrbahn wie Löcher, Vertiefungen, Wellen, Rillen, usw. auszugleichen. Falls hingegen keine Fräsung notwendig ist um Unregelmäßigkeiten (Höhenunterschied über 2 cm) auf der Fahrbahn auszugleichen, so muss man **neu profilieren**. Die Profilierung ist umso empfehlenswerter je tiefer die Unebenheiten und je geringer die Fläche der Unregelmäßigkeiten ist. Unterschiedliche Stärken in der Verschleißschicht, besonders, wenn die Unebenheiten (Löcher oder tiefe Rillen) nahe beieinander liegen, macht eine homogene Verdichtung unmöglich. Das führt in Folge zu Abschnitten mit hoher Porosität (hoher

Qualora, in relazione alle risorse disponibili, ci si debba orientare verso una soluzione ancora più economica, l'intervento non può che essere di tipo superficiale: **solo tappeto di usura** di 3 o (preferibilmente) di 4 cm.

In questi casi, se per problemi di quota, viene prevista la fresatura, questa consente di eliminare le irregolarità del piano stradale: buche, avvallamenti, ondulazioni, rifluimenti, ecc.

Se, viceversa, non risulta necessaria la fresatura, per eliminare l'eventuale presenza di irregolarità superficiali (differenze di quota di oltre 2 cm) si deve procedere alla **risagomatura**. Questa è tanto più necessaria quanto più le irregolarità sono profonde e poco estese. Lo spessore del tappeto notevolmente diverso da un punto all'altro, in particolare in punti ravvicinati (buche o avvallamenti profondi), non consente una omogenea compattazione, producendo zone con una elevata porosità (vuoti residui elevati) che



Resthohlraumgehalt), die schnell zu Ausbrüchen und zur Bildung weiterer Löcher führen.

Die Ausgleichsschicht muss mit einem feinkörnigen Mischgut ($D_{max} = 8 \text{ mm}$) durchgeführt werden, das in den Technischen Richtlinien vorgeschrieben ist, und zwar mit modifiziertem Bitumen, wenn die neue Deckschicht aus modifiziertem Bitumen besteht, und mit normalem Bitumen, wenn die Schicht aus normalem Bitumen besteht. Der Einbau erfolgt mit einem Fertiger, der den Belag profilgerecht "abzieht". Die Verwendung eines Mischguts des Typs Binder wird nicht ausgeschlossen, auch wenn durch die größeren Körnungen das Mischgut nicht auf null ausgezogen werden kann.

Auf der aufzufüllenden Oberfläche muss vor der Verlegung eine Haftbrücke aufgesprüht werden. Die Menge der Bitumenemulsion muss einen Restbitumengehalt von $0,30 \text{ Kg/m}^2$ entsprechen. Das Mischgut, das für das Auffüllen verwendet wurde, muss entsprechend gewalzt und abgekühlt werden, bevor die Verschleißschicht eingebaut wird.

Der Schichtenverbund mittels direktem Scherversuch mit dem Leutner-Gerät (SN 670461) wird bei Belagserneuerungen, die den Einbau einer Ausgleichsschicht vorsehen, nur an der Schnittstelle zwischen dem alten Belag und der Ausgleichsschicht durchgeführt. Die Prüfung des Resthohlraumgehaltes wird nur an der Deckschicht durchgeführt.

Sei es beim Fräsen als auch bei der Neuprofilierung, sollte man in den beschädigten (Rissbildung) Abschnitten, bei Grabungsarbeiten quer oder längs des Straßenverlaufs (Trencher) oder bei Anschlüssen von neuen und alten Asphaltsschichten ein Armierungsgitter einbauen.

Die Art des Netzes, das Material aus dem das Netz besteht, der Einbauvorgang und der Umfang des Eingriffes müssen von Mal zu Mal projektiert werden. Dabei müssen die Eigenschaften der Straße und dessen Belastungsklasse berücksichtigt werden.

Es wird wiederum auf die Liste, der von der Autonomen Provinz Bozen zugelassenen Bewehrungssysteme für bituminöse Beläge verwiesen [elenco sist rinforzo def \(provincia.bz.it\)](http://elenco.sist.rinforzo.def.provincia.bz.it).

Die Überdeckung der Asphaltbewehrung darf in keinem Fall geringer sein, als die im technischen

tenderanno rapidamente a sgranare ed a formare nuove buche.

La rasatura deve essere eseguita con un conglomerato a granulometria fine ($D_{max} = 8 \text{ mm}$), appositamente previsto dalle Norme Tecniche di Capitolato, del tipo con bitume modificato quando il nuovo sovrastante tappeto è con bitume modificato, del tipo con bitume normale quando il tappeto è previsto con bitume normale. La stesa viene eseguita con la vibrofinitrice che "raschia" sulla pavimentazione creando il profilo. Non è escluso l'impiego di conglomerato tipo binder, anche se con gli aggregati più grossi non è possibile il raccordo con lo "spessore zero".

Sulla superficie da risagomare, prima della stesa, deve essere spruzzata la mano d'attacco. Il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a $0,30 \text{ kg/m}^2$.

Il conglomerato steso per la rasatura va adeguatamente rullato e fatto raffreddare prima della posa del tappeto di usura.

Negli interventi di risagomatura e rifacimento del tappeto di usura il controllo dell'ancoraggio mediante la prova di taglio diretto con l'apparato Leutner (SN 670461) viene eseguito solo all'interfaccia tra la vecchia pavimentazione e lo strato di risagomatura. Il Controllo dei vuoti residui viene eseguito solo sul tappeto di usura.

Sia che si proceda con la fresatura o con la risagomatura, nelle zone maggiormente ammalorate (fessurate), ovvero in caso di scavi orizzontali e longitudinali (trencher) e di raccordi tra vecchi e nuovi strati di conglomerato bituminoso deve essere inserita una rete di rinforzo.

Il tipo di rete, il materiale di cui è composta, le modalità di posa in opera e l'estensione dell'intervento devono essere progettati, di volta in volta, tenendo conto delle caratteristiche della strada e dei suoi carichi di traffico.

Si rimanda nuovamente all'elenco dei sistemi di rinforzo per pavimentazioni bituminose ammessi dalla Provincia Autonoma di Bolzano [elenco sist rinforzo def \(provincia.bz.it\)](http://elenco.sist.rinforzo.def.provincia.bz.it).

Lo spessore di conglomerato bituminoso da prevedere sopra alla rete non deve essere inferiore



Datenblatt des gewählten Produktes angeführte Stärke sein.

Um das Armierungsgitter in Anbetracht zukünftiger Instandhaltungsarbeiten zu schützen, muss die Überdeckung mit bituminösem Mischgut in der Regel mindestens 5 cm betragen.

Da beim Auftreten der ersten Risse Wasser in den Belag eindringt und den Abbauprozess erheblich beschleunigt, ist es zum Schutz des Belags erforderlich, das Eindringen von Wasser in die Tragschicht und den Untergrund zu verzögern und zu begrenzen.

Bis zur Erneuerung der Deckschicht ist eine **Rissversiegelung**, mit heiß oder kalt gegossenen Produkten, wirksam. Die Verschleißschicht selbst sollte erneuert werden, wenn die Rissbildung noch nicht weit verbreitet ist und die tieferen, ungebundenen Schichten noch nicht beschädigt sind.

a quello indicato nella scheda tecnica del prodotto scelto.

Per salvaguardare la rete di rinforzo in vista di future manutenzioni di regola questa va posta sotto uno spessore di conglomerato bituminoso di almeno 5 cm.

Richiamato il fatto che, all'apparire delle prime fessure, l'acqua penetra all'interno della pavimentazione e accelera notevolmente il processo di degrado, per salvaguardare la pavimentazione è necessario ritardare e limitare l'infiltrazione dell'acqua nello strato di fondazione e nel sottofondo.

In attesa del rifacimento del tappeto di usura risulta efficace la **sigillatura** delle fessure fatta con prodotti colati a caldo o a freddo. Lo stesso tappeto andrebbe rifatto quando lo stato fessurativo non è molto esteso e non dopo che sono stati compromessi gli strati profondi non legati.

5. Kontrollen Controlli

Die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischguts und dessen Einbau müssen mittels Laboranalysen erfolgen. Die Qualitätskontrolle wird auf dem losen Mischgut (aus dem Straßenfertiger entnommen), dessen Materialbestandteilen, und auf den entnommenen Bohrkernen durchgeführt.

Jede Mischgutentnahme muss aus zwei Proben bestehen; eine Probe wird für die Laboranalysen verwendet, die andere bleibt für eine spätere Inspektion und/oder technische Überprüfung verfügbar.

Bei den Materialien müssen die Eigenschaften für die Abnahme geprüft werden.

Am losen Asphaltmischgut werden bestimmt: der Bitumenanteil und die Korngröße der Zuschlagstoffe. Darüber hinaus werden an den mit der Gyratorpresse verdichteten Probekörpern die Referenzdichte DG (UNI EN 12697-9), der Prozentsatz der Resthohlräume (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) bestimmt.

An den Kernen werden die Schichtstärken, der Bitumenanteil, der Gehalt an SBS-Polymer im extrahierten Bitumen, die Korngröße der Gesteinskörnung, die Dichte, der Prozentsatz der

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sulla miscela sfusa (prelevata dalla vibro finitrice), sui materiali costituenti, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Ogni prelievo di miscela sfusa deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sul conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento DG (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Sulle carote vengono determinati: gli spessori, la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei



Resthohlräume, die Haftung zwischen den Schichten mit dem Leutner-Scher-Test (SN 670461), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und der Steifigkeitsmodul (UNI EN 12697-26 Anhang C) bestimmt.

Nur durch die Entnahme der Bohrkerne kann man die Einbaugüte (Schichtstärke und Verdichtung) und den Schichtenverbund kontrollieren. Das bituminöse Mischgut kann alle von den technischen Richtlinien (Qualität der Lieferung) vorgeschriebenen Parameter erfüllen, was aber keine Sicherheit über die Qualität der ausgeführten Arbeiten (den Transport, Einbau und der Verdichtung) gibt.

Da der Resthohlraumgehalt besonders auf die mechanische Widerstandsfähigkeit und auf die Lebensdauer der Asphaltbeläge Einfluss hat, muss dies als wichtigster Parameter bei Arbeitsausführungen angesehen werden.

(*) **Kompositzement** ist in der Zusammensetzung ein e Kombination aus Portlandzementklinker, Hüttensand, Puzzolan und/oder eine kieselsäurereiche Flugasche.

vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidità (Norma UNI EN 12697-26 Appendice C).

Solo con il prelievo delle carote è possibile controllare la regolarità della posa in opera (spessori e rullatura) e la connessione tra gli strati. In effetti il conglomerato bituminoso (prove sul prelievo sfuso) potrebbe rispettare tutti i parametri previsti dalle Norme Tecniche di Capitolato (qualità della fornitura) ma non si avrebbe alcuna certezza sulla qualità delle lavorazioni eseguite (trasporto, stesa e rullatura).

Poiché i vuoti residui incidono in modo rilevante sia sulla resistenza meccanica che sulla durabilità del conglomerato bituminoso è da considerare il parametro più rappresentativo del livello prestazionale del lavoro eseguito.

(*) Il **Cemento Composito** è prodotto mediante l'aggiunta di pozzolana o ceneri volanti e loppa alla comune miscela di clinker e gesso.

Sichtvermerke i. S. d. Art. 13 L.G. 17/93 und
L.G. 6/22 über die fachliche, verwaltungsmäßige
und buchhalterische Verantwortung

Visti ai sensi dell'art. 13 L.P. 17/93
e della L.P. 6/22 sulla responsabilità tecnica,
amministrativa e contabile

Der Ressortdirektor / Il Direttore di dipartimento
Die Abteilungsdirektorin / La Direttrice di ripartizione
Der Amtsdirektor / Il Direttore d'ufficio

GEMMELLARO DAVIDE
ALBERTONI MARINA
MAIR VOLKMAR

21/03/2023 16:25:09
21/03/2023 15:26:44
21/03/2023 15:05:08

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

22/03/2023 15:07:36
NATALE STEFANO

Il Direttore dell'Ufficio spese

Der Direktor des Amtes für Finanzaufsicht

Il Direttore dell'Ufficio Vigilanza finanziaria

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