

3. März 2010

LE STRADE

Flughäfen Autobahnen Eisenbahnen

Infrastruktur: Die Industrie verlangt projektbezogenen Bonds, um die Großen Vorhaben zu finanzieren

Häfen: Die Umweltpolitik für die italienischen Hafenstädte

Brücken & Viadukte: Neubau des Viadukts Aglio von Variante di Valico

Erweiterungen

Carlo Costa, Technischer Direktor, Autostrada del Brennero

Paolo Duiella, President, Autostrada del Brennero

Technische Versuche für eine dritte Fahrbahn auf der A22

Zur Verbesserung der Sicherheitsstandards und Umweltnachhaltigkeit dieser Verkehrsader wurde eine Reihe von Maßnahmen auf hohem technischen Niveau durchgeführt. Diese waren bereits im Projektplan zur Erweiterung der Autobahn A22 auf drei Fahrbahnen im Abschnitt zwischen Verona Nord und Modena (Kreuzung mit der A1) vorgesehen; damit steht eine Infrastruktur zur Verfügung, die schon seit einiger Zeit zum „Labor“ für innovative Technologien im Straßenbau geworden ist. Dazu zählte der Einsatz von „nanotechnologischen“ Polymer-Zusätzen, die in der Lage sind, die Bodenfestigkeit erheblich zu erhöhen, sowie Maßnahmen zum Recycling des Fahrbahnbelags durch Hitzeinsatz vor Ort mit einem System, das die Wiedergewinnung des gesamten Ausgangsmaterials ermöglicht.

Bildunterschriften

- 1. Strecke, an der die Erweiterungsarbeiten vorgenommen werden, und Standort des Versuchsgeländes**
- 2. Versuchsgelände für die Untersuchung von neuen Festigungstechnologien**
- 3. Bestehender Abschnitt**
- 4. Der Abschnitt nach Erweiterung**
- 5. Schematische Darstellung des neuen Autobahnkreuzes A22/A1**
- 6. Modelldarstellung der Überführung Autosole**

Das Projekt einer dritten Fahrbahn für die Autobahn A22, welche die Betreibergesellschaft Autostrada del Brennero im Abschnitt zwischen Verona Nord und Modena realisiert, wird mit den neuesten Technologien vorangetrieben. Insgesamt 90 km neueste Infrastruktur (verbunden mit Kosten von ca. 753 Millionen Euro) werden durch wichtige Sicherheitsvorkehrungen und nachhaltige Umweltmaßnahmen ergänzt. Das endgültige Projekt einer dritten Fahrbahn wurde vom Vorstand der Autostrada di Brennero im August 2009 freigegeben und befindet sich nun in der Phase des Studiums der Umwelteinwirkungen, gefolgt von der Konferenz der beteiligten staatlichen Dienststellen. Der Beginn der Bauarbeiten ist

für 2011 vorgesehen, nachdem die Projekt- und Genehmigungsverfahren abgeschlossen und die Ausschreibungen erledigt sind.

Der in Frage kommende Autobahnabschnitt kann theoretisch zur Zeit 44.000 Fahrzeuge pro Tag in beiden Fahrrichtungen bewältigen, wobei ein hoher Schwerlastverkehr-Anteil (ca. 30%) zu verzeichnen ist. Der neue Fahrbahnabschnitt ist 33,50 Meter breit und besteht aus drei Fahrspuren zu je 3,75 Metern Breite, einer Standspur von 3,50 Meter Breite, einem 0,45 Meter breitem Notstreifen entlang des Mittelstreifens in beiden Fahrrichtungen, und einem Mittelstreifen von 3 Metern Breite. Das Projekt sieht den Austausch oder die integrierte Neufertigung von 23 Bauwerken vor: die geometrische Angleichung der Raststationen und Parkplätze; die Umsetzung eines modernen Auffangnetzes für die Aufbereitung und die Entsorgung von Abwässern; den Bau von 114 Lärmschutzwänden und 202 Nothalteplätzen; die Aufstellung von Stahlleitplanken Corten (A22 Patent), die Verlegung eines Kabelkanals für Glasfasern und die Anbringung einer Signalanlage, welche die Autofahrer bei Nebel mit Leuchten rechts und links der Fahrbahn führt; und schließlich: die Festigung des Grunds durch binäre Stabilisierung mit Hilfe von flüssigen Bindemitteln (auf diesen spezifischen Aspekt gehen wir im Laufe dieses Artikels noch gesondert ein).

Als wichtigste Baumaßnahmen sind zu erwähnen: die Neugestaltung des Autobahnkreuzes A22/A4, um den Verkehrsfluss beim Snodo Scaligero zwischen Korridor 1 und Korridor 5 sicherzustellen, dann die Viadukte (über den Fissero-Tartaro-Kanal, den Fluss Mincio, und insbesondere über den Po; mit 1.000 Metern Spannweite stellt diese Überfahrt das wichtigste – dreiteilige - Bauwerk in Abschnitt B dar). Schlussendlich ist auch die auf die zweibeinige antifunikulare Struktur von Leonardo Fernanàndez Troyano hinzuweisen: Mit einer Spannweite von 85 Metern überwölbt sie die 8 Fahrspuren der A1 und die zwei Fahrbahnen der Zubringer zur A1 von Campogalliano Richtung Modena und von Sassuolo Richtung Mailand. Die Ausführung der Arbeiten (geplant sind 1.620 Tage) wird in zwei Phasen erfolgen, zunächst im Mittelstreifen und dann im Bereich der Seitenböschungen. Das endgültige Projekt wird von der technischen Abteilung der Autostrada del Brennero verantwortet.

Von den vielen möglichen Ansätzen einer Vertiefung, welche das Projekt einer dritten Fahrspur bietet (zu diesem Thema siehe auch den Artikel „*Angleichung der*

Verona-Modena”, in **leStrade** 11/2009, Seite 30), haben wir für diesen Beitrag den Aspekt des Fahrbahnaufbaus für besonders interessant erachtet. Vom Unterbau bis zum Aufbau haben wir im spezifischen Rahmen der Vorbereitungen für die Baustellen für die dritte Fahrspur und andere bedeutsame Maßnahmen umfangreiche Untersuchungen und Experimente durchgeführt. Unter den Technologien, die wir im Felde untersucht und überprüft haben, sind zwei besonders innovative Verfahren hervorzuheben, die – wegen ihres Beitrags zur Kostensenkung und Reduzierung von Umwelteinwirkungen – hervorragend die Systematik einer vollumfänglichen Nachhaltigkeit beachten. Es handelt sich um die Stabilisierung des Fahrbahnaufbaus mit Hilfe von Nanotechnologie und um das Recycling des Fahrbahnbelags mit Hitze vor Ort. Im Folgenden wollen wir alle Einzelheiten dieser Verfahren veranschaulichen.

HIGH-TECH-POLYMERE ZUR FESTIGUNG

Bildunterschriften

7. Das Versuchsgeländes Schematische Darstellung der beiden unterschiedlichen Lösungen

8. Mischer vom Typ „Router“

9. Verdichtung

Die erste Technologie führt uns zur Frage des Untergrunds von Straßen, zum ersten „Puzzlestück“ eines neuen Fahrbahnbelags, den die Autostrada del Brennero vorwiegend durch Nutzung des zur Zeit begrünten, 11 Meter breiten und künftig auf 3 Meter verringerten Mittelstreifens realisieren will. In diesem Mittelstreifen findet sich ein Bereich in Form Dreiecks, der sich aus Böden zusammensetzt, von denen wir – vor den Untersuchungen durch ein Team von Spezialisten der Autobahnverwaltung – weder die Bestandteile noch den Grad der Verdichtung kannten.

Die folgenden Analysen haben aber ergeben, dass sich diese Böden ganz allgemein und in den meisten Fällen für eine Straßennutzung eignen. Doch ihre mechanischen Eigenschaften erwiesen sich als nicht vollkommen kompatibel mit den Anforderungen, die an eine Hochleistungsstruktur zu stellen sind. Daher entschied die A22-Projektleitung, Maßnahmen zur Festigung und Stabilisierung einzuleiten und zu prüfen, im welchem Rahmen bewährte und verbreitete Techniken wie die Stabilisierung durch Kalk und Zement, aber auch weniger bekannte Lösungen wie die technisch interessante Nanotechnologie eingesetzt werden können. Im Einzelnen wurden folgende Methoden zum Einsatz gebracht: die binäre Stabilisierung in zwei übereinander liegenden Schichten mit flüssigen Bindemitteln (Kalk und Zement) sowie die binäre Stabilisierung mit flüssigen Bindemitteln (Zement) und wasserlöslichen (nano-technologisch hergestellten) Polymeren. Um die beiden Lösungen zu testen, wurde 2007 zwischen den Autobahnstationen Mantova Nord und Nogarole Rocca auf der nördlichen Fahrbahn zwischen km 250 und km 251 im Bereich des Mittelstreifens ein Versuchsgelände eingerichtet. Die beiden Versuchsanordnungen mit einem Fahrbahnaufbau von ca. 100 cm wurden

auf jeweils 25 Metern Länge angelegt. Auf der nördlichen Strecke wurde eine Mischung aus 3% Kalk und 3% Zement getestet und auf der südlichen Strecke eine Mischung aus 8% Zement und 1% wasserlöslichen Polymeren, die von der Firma Resotec unter der Markenbezeichnung „nanoterra SOIL“ hergestellt wird. In beiden Fällen wurden die Arbeiten von der Firma CGS Consolidamenti ausgeführt. Die Angaben für die Prozentualanteile von Kalk und Zement für die nördliche Strecke wurden der Studie „Festigung von Böden bei heutigen Fahrbahnen“ entnommen, Professor Alberto Bucchi und Ingenieur Luca Tomesani durchgeführt haben. Bei den Prozentualanteile für Zement und Polymere auf der südlichen Strecke wurde gemäß den Angaben von Resotec vorgegangen. Die Kontrollmaßnahmen (Erhebung der statischen und dynamischen Tragfähigkeit) wurden vom Labor Distart der Universität von Bologna in Zusammenarbeit mit CGS durchgeführt (die anderen "Teilnehmer" der Bodenfestigungsaktion: Vincenzetto, welche die geologischen Untersuchungen vornahm und Road Engineering-Rodeco, welche mittels HWD die relevanten Charakteristiken der Bodenstruktur feststellten).

Aus der Umsetzung im Versuchsgelände und der folgenden Kontrolluntersuchungen der erhaltenen Tragfähigkeit konnte festgestellt werden, dass sich bei der Aufbringung des Straßenbelags auf einen Untergrund, der mit Zement und Polymeren stabilisiert worden war, eine um 120% höhere Leistungsfähigkeit im Vergleich zu dem Material ergab, das mit Kalk und Zement verfestigt worden war.

TAB 1: DAS ERGEBNIS DER VERSUCHE

	Statische Platte	LFWD kg10
Stabilisierung mit Kalk und Zement	120,4 MPa	67,4 MPa
Stabilisierung mit Kalk und Polymeren	263,7 MPa	120,2 MPa
Steigerung bei den Statikversuchen um 120%		

Darüber hinaus wurde eine Streckungs- und Verformungsanalyse durchgeführt, um die Dimensionierung der Straßenaufbaustruktur festzustellen, welche sich beim Einsatz von Kalk und Zement bzw. von Zement und Polymeren zur Verfestigung ergeben hatte.

Im ersteren Fall erhielt man eine Aufbaustruktur mit einer Dicke von 66 cm, während im zweiten Fall die Dicke 46 cm betrug. Im beiden Fällen wurde eine theoretische Lebensdauer von mehr als 10 Jahren garantiert.

Wenn wir uns nun also die „nanotechnologische Variante“ einmal näher ansehen, können wir hinzufügen, dass das eingesetzte Nanomaterial auf polymetrischen Matrixen beruhen, besser gesagt: aus Makromolekülen von geringer Einwirkung auf die Umwelt; diese sind wasserlöslich und verbinden sich untereinander mit Hilfe von netzbildenden Wirkstoffen, welche die Generierung einer neuen Polymerverbindung, den sogenannten „Film“, verursachen. Allgemein gesagt, tragen diese Nanoböden zu einer erheblichen Verbesserung der Verfestigung und Stabilisierung des Erdreichs beim Aufbau des Straßenkörpers und in den tragenden Schichten der Straßenaufbaustruktur bei.

Die feststellbaren Pluspunkte ihres Einsatz können wie folgt zusammengefasst werden: **hohe Verarbeitungsflexibilität, große Festigkeit und lange Lebensdauer, geringer Wartungsaufwand, eingeschränkte Eindringungstiefe von Wasser, großer Widerstand gegen Frost, geringe Verdichtung und keine Austrocknung.**

Was die Anwendung betrifft, so sieht die Verarbeitung zunächst die „trockene“ Ausbringung des Zementbindemittel auf die Arbeitsfläche vor, dann das Aufsprühen des in Wasser gelösten Polymers mit einem Tankfahrzeug oder mittels einer Düse im Kurbelgehäuse einer Großfräse, die während des Abtrags des Belags das Ganze durchmischt und homogenisiert. Die Vorteile: Einsparungen beim Austausch des Belags, bei den Transport- und Materialbeschaffungskosten, bei den Erdarbeiten und der Entsorgung von Erdreich, eine erhebliche Verringerung der Baukosten und der **Bauzeit (ca. 20-30%)**, sowie der schnelle Verfestigungsvorgang, der es erlaubt, dass Fahrzeuge bereits nach 2-4 Tagen die fraglichen Flächen befahren können. Neben den Erfahrungen, die im Versuchsgelände gemacht wurden, wird für die dritte Fahrbahn der A22 auch eine weitere wichtige Untersuchung herangezogen, die zuvor (2006) zwischen km 1 und 6 (Süd- und Nordtrasse) der Autobahn

vorgenommen wurde. Ergebnisse dieses Versuchs (Einbringung von 25 kg Zement und 2 Liter Polymerverbindung pro qm bei Außentemperaturen zwischen +2°C und -12°C in den Straßenbelag): Trotz dieser niedrigen Temperaturen zeigten sich nach einem Jahr Befahrung durch bis zu 7.000 Schwerfahrzeugen je Fahrtrichtung pro Tag auf beiden Fahrbahnen keine Schäden im Belag.

Die Nanotechnologie bahnt sich ihren Weg

Die Nanotechnologie befasst sich mit der Produktion, der Erforschung und dem Einsatz von äußerst kleinen Strukturen. Die Vorsilbe „nano“ ist griechischen Ursprungs und bezeichnet eben einen sehr kleinen Gegenstand. Ein Nanometer (nm = ein Milliardstel Meter) entspricht einem Millionstel Milimeter, also ca. einem Zehntausendstel der Dicke eines menschlichen Haares; wird befinden uns hier also bereits im Bereich des Ultrakleinen, in der Welt der Atome und Moleküle. Auf einem Nanometer finden lediglich 4-6 Atome nebeneinander Platz.

Die Bausteine, auf denen diese Technologie aufbaut, sind Partikel von nanometrischen Ausmaßen (Nanopartikel) oder Polymere (kleiner als 100 nm). Heute hat die Nanotechnologie – wie das Beispiel Resotec und sein „nanoterra“ zeigt – auch Einzug in den Bereich der Baumaterialien gehalten, die mit hochtechnischen Polymeren versetzt und verbessert werden.

Das eingetragene Markenprodukt „nanoterra Soil“ zum Beispiel ist tatsächlich ein Polymerzusatz völlig neuer Bauart, das wasserlöslich, umweltfreundlich und nicht toxisch ist. Er kann zur Verbesserung, Verfestigung und Stabilisierung der Aufbaustrukturen des Straßenkörpers eingesetzt werden wie auch in den Frostschutzschichten und in den tragenden Schichten der Straßenaufbaustruktur. Die zuvor in Verbindung mit nanoterra SOIL aufgebrachte Mischung aus flüssigen Bindemitteln stabilisiert das Erdreich, macht es widerstandsfähig gegen Wasser und Frost und erhöht seine Belastbarkeit.

10a. Mit nanoterra und Zement verfestigte Schicht

10b. Detail des Erdreichs

11. Anwendung der „nanotechnologischen“ Polymere

12. Dynamische Stanzung

DAS RECYCLING DER ZUKUNFT

Die zweite Technologie, die wir uns anschauen wollen, hat keinen unmittelbaren Bezug zur dritten Fahrspur der A22, zeigt aber den komplexen Ansatz, den die Autostrada del Brennero verfolgt und der High-Tech-Lösungen und nachhaltigen Umweltlösungen den Vorrang gibt. Das erste Experiment dieser Art wurde auf einem Abschnitt durchgeführt, der auch für die Arbeiten an der dritten Fahrbahn relevant sein wird, heißt also, dieses Projekt steht bei allen Maßnahmen auf der A22 im Mittelpunkt.

Wir reden hier von einer Recycling-Technik, die den Straßenbelag vor Ort durch Einsatz von Hitze nach dem Patent der zu Socotherm Infraviab (Bocotherm Gruppe) gehörenden Firma Pavirec abträgt. Dabei wird der alte Belag mit dem Ziel einer Wiederaufbereitung durch Hitzeeinwirkung abgetragen und dann mit Zusatzmaterialien direkt am Boden mit einem vertikalen Mischer vermengt, um Beschädigungen des Aggregats zu vermeiden.

Das System erlaubt die 100%ige Aufbereitung des existierenden Materials, was erhebliche wirtschaftliche Einsparungen und Umweltvorteile mit sich bringt. Man schätzt, dass auf die A22 jährlich 75.000 Tonnen an neuen Bindemitteln ausgebracht werden; mit Einsatz dieses Wiederaufbereitungssystems könnte die Betreibergesellschaft ca. 80-90% dieser Mischungen einsparen, was ca. 64.000 Tonnen Material pro Jahr entspricht.

Die Experimente wurden 2008 von der Firma Prati Angelo aus Verona durchgeführt, die im A22-Abschnitt Affi-Mantova Nord (zwischen km 233+300 und km 231+700) in einer Woche 1,7 km Asphalt wiederaufbereitete. Die vielen Vorteile liegen auf der Hand. Das Verfahren der Pavirec ermöglicht: nur 10% - in besonderen Fällen 20% - der bisherigen Menge an neuen Bindemitteln auszubringen; den Einsatz von neuem Bitumen um 75-80% zu senken; die Kosten der Beschaffung, des Transports und der Entsorgung des alten Materials zu eliminieren (soweit 100% wieder verwendet werden); komplett die Abfälle des Fräsens zu vermeiden; die Maßnahmen in einem Bearbeitungsvorgang durchzuführen; die Bauzeiten durch eine gute tägliche Produktionskapazität zu verringern (in diesem spezifischen Fall wurden 6.800 qm pro Tag hergestellt, wobei die Einrichtung der Baustellen 6 Stunden und der Abbau 4 Stunden in Anspruch nahm).

Auch die Energiebilanz fällt positiv aus: Im Vergleich zur traditionellen Aufbereitung und pro 4 cm Dicke des Belags ermöglicht das System eine Verringerung der CO₂-Emissionen um 2 kg pro wiederaufbereitetem Quadratmeter, was 10 Tonnen pro Arbeitstag und 1000 Tonnen pro Jahr entspricht.

Das Verfahren umfasst insgesamt 7 Schritte: Erhitzung des Straßenbelags durch Heizstrahler (1); Zerkleinerung, eine rotierende Querfräse zerkleinert das aufgeheizte Mischmaterial (2); Zusatz von Bindemitteln und Mischungen (3); Ausbringung des Bindemittels auf der gewünschten Fläche (4); Verteilung mit

traditionellen Verfahren (5); Glattwalzen (6); und Belastungstests (7). Das wiederaufbereitete Gemenge wurde den klassischen mechanischen Tests unterzogen und zeigt eine vergleichbare Resistenz wie neue Bindemittel, insbesondere weist es keine abweichenden Werte hinsichtlich der Steifigkeit auf.

13. Die Technologie der Pavirec im Einsatz

14. Detail der Aufbringung

15. Abmessungen des Wiederaufbereitungszugs