



**Summer School SIIV
9[^] Edizione - 2011**



**Brescia, 8/09/2011
Materiali riciclati: le scorie di acciaieria**

**AGGREGATI ARTIFICIALI E DI RICICLO:
DALLA RICERCA ALL'APPLICAZIONE**

Prof. Marco Pasetto

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
Facoltà di Ingegneria – DCT
ICAR 04/ STRADE, FERROVIE, AEROPORTI**

SUMMER SCHOOL 2011

Main goal: Ricerche nel campo della tecnologia dei materiali stradali, dell'ambiente, del riciclaggio per la costruzione delle moderne infrastrutture di trasporto

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

C.N.R. (B.U. n. 4/1953) contiene "norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali", intesi come ...materiali litoidi... che ... costituiscono l'aggregato grosso/fine.

C.N.R. – UNI (Norma 10006/1963) definisce le "terre... ogni roccia sciolta, ogni roccia frammentaria, cioè incoerente per natura o che diviene tale in seguito a più o meno prolungato contatto con acqua".

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

C.N.R. – UNI (Norma 10006/1963) definisce “strati di fondazione e strati superficiali di usura di terra stabilizzata” quelli “costituiti da particolari terre che, così come sono reperibili in natura o in cava, posseggono caratteristiche tali da essere idonee all’impiego...”.

Questi materiali sono costituiti “da aggregato grosso e medio...” che può essere: ghiaia e sabbia mista di fiume o di cava, detrito di cava proveniente da frantumazione di pietrame, scorie di alto forno...; calcinacci, ceneri vulcaniche, tufine, pozzolane...

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

C.N.R. (BB.UU. n. 22/1972 - 197/2000) Norme per la caratterizzazione di terre e aggregati

C.N.R. (B.U. n. 139/1992) Norme sugli aggregati – Criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali.

Gli aggregati sono costituiti da “singole parti solide separabili senza esercitare azione di frantumazione”. Si usano in misti granulari, miscele “di varie frazioni di un aggregato reperibile in natura e di provenienza diversa (alvei di fiume o giacimenti naturali)”.

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

C.N.R. (B.U. n. 176/1995) Requisiti di accettazione e di posa in opera di misti granulari non legati naturali o corretti o di frantumazione per strati di fondazione o di base.

Si applica a una tipologia di miscela “che così come è reperibile in natura o in cava, possiede caratteristiche tali da essere idonea all’impiego in strati di fondazione o di base”; consentita l’eventuale aggiunta di materiale frantumato.

C.N.R. (B.U. n. 178/1995) Catalogo delle pavimentazioni stradali.

“Fortemente raccomandato l’eventuale ricorso a materiali diversi da quelli previsti... per incentivare l’uso di materiali locali o di risulta”.

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

C.N.R. (B.U. n. 29/1972) Norme sui misti cementati.

“Il misto cementato è una miscela composta da inerti lapidei, piccole quantità di cemento e acqua”. Gli inerti “possono provenire da frantumazione e/o da formazioni naturali”.

C.N.R. (B.U. n. 36/1973) Stabilizzazione delle terre con calce.

Si fa riferimento a “miscela composta da una terra, calce viva od idrata ed acqua...”. La terra “deve essere di tipo limo-argilloso” o “ghiaio-argilloso”.

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

UNI (Norma 10006/2002, rit. 2004) Tecniche di impiego delle terre.
Appendice A : “Aggregati provenienti dalle attività di demolizione e costruzione e dalle loro miscele con rifiuti minerali recuperabili per impieghi stradali ed assimilati”

“Gli aggregati provenienti dal riciclaggio degli scarti delle attività di C&D possono essere considerati equivalenti alle terre di origine naturale, ai fini degli impieghi... anche in miscela con aggregati naturali e con rifiuti minerali di altre attività...”.

Si tratta di Frammenti di laterizi, murature, intonaci, conglomerati cementizi, sovrastrutture stradali e ferroviarie, allettamenti, rivestimenti, prodotti ceramici, scarti dell’industria di prefabbricazione di manufatti cementizi, materiali lapidei da cave autorizzate o attività di taglio e lavorazione

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

UNI (Norma 10006/2002) Tecniche di impiego delle terre.
La Norma fissa requisiti per l’utilizzo degli aggregati da C&D, fra cui però include:

- **Scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi**
 - **Vetro e scorie vetrose**
 - **Materiali deperibili, quali fibre tessili, cellulosa, legno...**
 - **Materiali plastici cavi: corrugati, parti di bottiglia...**
- e per i quali prevede un impiego in:**

- **corpo dei rilevati**
- **sottofondi stradali**
- **strati di fondazione, anche cementizi**



Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA APPLICATIVA

**Studio pre-normativo di NORME TECNICHE DI TIPO
PRESTAZIONALE PER CAPITOLATI SPECIALI D'APPALTO (2001)**

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ,
Ispettorato per la Circolazione e la Sicurezza Stradale –
CENTRO SPERIMENTALE INTERUNIVERSITARIO
DI RICERCA STRADALE (C.I.R.S.)**

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA APPLICATIVA

**I materiali “di riciclo” (provenienti da attività di demolizione o
scarti di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ex
D.M. 5/02/1998) sono previsti:**

*** Nei riporti**

*** Nel corpo del rilevato**

•Negli strati anticapillari

•Sottoposti a:

-> Qualificazione fisico-meccanica e chimica

->Controlli di lavorazione e stoccaggio

-> Campionatura

-> Verifiche prestazionali

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

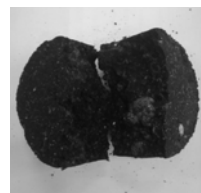
SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA APPLICATIVA

I materiali “di riciclo” (fra cui scorie e loppe d’altoforno) sono ulteriormente previsti, sottoposti a studi speciali, in:

- * Strati in misto granulare***
- * Fondazioni in misto cementato***
- Conglomerati bituminosi a caldo e a freddo (riciclo delle miscele)***



equiparati a inerti naturali

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA NORMATIVA

La Normazione europea eseguita nell’ambito della Direttiva del Consiglio della Comunità Europea “Construction Products Directive” CPD 89/106/CEE (Mandati Aggregati M/125, Materiali stradali M/124, del 1998) ha condotto alla pubblicazione di Norme tecniche europee che a partire dal Giugno 2004 hanno determinato il ritiro delle norme nazionali.

In forza di decreto (D.P.R. 246 del 21/04/1993, DD.MM. 11/04/2007 – 16/11/2009) hanno introdotto la marcatura CE obbligatoria per alcuni prodotti.

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA NORMATIVA

In particolare, agli aggregati per uso stradale si applicano:

UNI EN 13242/2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”

→ **Miscele fuori mandato**

UNI EN 13043/2004 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico”

→ **Miscele sotto mandato (M/124)**

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA NORMATIVA

DEFINIZIONE DI:

Aggregato naturale: di origine minerale, sottoposto unicamente a lavorazione meccanica

Aggregato artificiale: di origine minerale derivante da un processo industriale che implica una modificazione termica o di altro tipo

Aggregato riciclato: risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni

→ **Classificazione geometrica, fisica, chimica, di durabilità**

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: *Aggregati artificiali e di riciclo*

UNI EN 13242/13043. Il materiale è classificato per:

Granulometria (grosso, fine, misto);

Geometria, forma, spigolosità;

Contenuto e qualità del fine;

Resistenza alla frantumazione (LA e impatto);

Resistenza a usura (MD), abrasione e levigazione (CLA)

Densità;

Assorbimento d'acqua;

Contenuto di solfati solubili, zolfo e solfuri

Presenza di sostanze organiche, impurità

Componenti solubili in acqua o che alterano la stabilità volumetrica degli aggregati (scorie BOF/EAF)

Durabilità (gelo, Sonnenbrand, shock termico, affinità)

Proprietà indurenti (Rigden, variazione P&A, BN)

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

UNI EN 13242/2010 Annex A (normativo)	Nr.	Source	Subnr.	Specific material	History of use	Special requirements in standard	Additional requirements identified for inclusion
	P	Natural aggregates	P	All petrographic types included in EN 932-3	Yes	Yes	No
A	Construction and demolition recycling industries	A1	Reclaimed asphalt	Yes	Yes	No	
		A2	Crushed concrete	Yes	Yes	No	
		A3	Crushed bricks, masonry	Yes	Yes	No	
		A4	Mix of A1, A2 and A3	Yes	Yes	No	
B	Municipal solid waste incineration industry	B1	Municipal incinerator bottom ash ^a (excluding fly ash) (MIBA)	Yes	No	Yes	
		B2	Municipal incinerator fly ash (MIFA)	No	-	-	
C	Coal Power generation industry	C1	Coal fly ash	Yes	No	Yes	
		C2	Fluidized bed combustion fly ash (FBCFA)	Yes	No	No	
		C3	Boiler slag	Yes	No	Yes	
		C4	Coal bottom ash	Yes	No	Yes	
		C5	Fluidized bed combustion bottom ash (FBC bottom ash)	Yes	No	No	
D	Iron and steel industry	D1	Granulated blast furnace slag (GBS) (vitrified)	Yes	Yes	No	
		D2	Air-cooled blast furnace slag (ABS) (crystallized)	Yes	Yes	No	
		D3	Basic oxygene furnace slag (converter slag, RCS)	Yes	Yes	No	
		D4	Electric arc furnace slag (from carbon steel production, EAF-C)	Yes	Yes	No	
		D5	Electric arc furnace slag (from stainless/high alloy steel production, EAF-S)	No	-	-	
E	Non ferrous steel industry	E1	Copper slag	Yes	No	No	
		E2	Molybdenum slag	No	-	-	
		E3	Zinc slag	Yes	No	No	
		E4	Phosphorous slag	Yes	No	No	
F	Foundry industry	F1	Foundry sand	Yes	No	No	
		F2	Foundry cupola furnace slag	Yes	No	Yes	

Nr.	Source	Subnr.	Specific material	History of use	Special requirements in standard	Additional requirements identified for inclusion
G	Mining and quarry industry	G1	Red coal shale	Yes	No	No
		G2	Refuse from hard coal mining (black coal shale)	Yes	No	Yes
		G3	Pre-selected all-in from quarry/mining	Yes	No	No
		G4	Spent oil shale	Yes	No	No
H	Maintenance dredging works	H1	Dredge spoil sand	Yes	No	No
		H2	Dredge spoil clay	No	-	-
I	Miscellaneous	I1	Excavated soil	No	-	-
		I2	Paper sludge ash	Yes	No	Yes
		I3	Sewage sludge incineration ash (municipal)	Yes	No	Yes
		I4	Biomass ash	Yes	No	Yes
		I5	Crushed glass	Yes	Yes	No
		I6	Expanded clay-	See EN 13055		

^a Requirements on MSWI bottom ash are based on experience with grated installations

In all cases there is an obligation to control the potential release of regulated dangerous substances (RDS) in accordance with Member State requirements at the place of use.

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA NORMATIVA

Specifiche (fuori mandato) per miscele con legante idraulico :

- * **Miscele legate con scorie (UNI EN 14227-2/2004);**
- * **Miscele legate con ceneri volanti (UNI EN 14227-3/2004);**
- * **Ceneri volanti per miscele legate con leganti idraulici (UNI EN 14227-4/2004);**
- * **Terra trattata con scorie (UNI EN 14227-12/2006);**
- * **Terra trattata con ceneri volanti (UNI EN 14227-14/2006).**

Miscela legata: miscela che fa presa e indurisce a seguito di reazione idraulica

Terra: materiale naturale, artificiale o riciclato, o loro combinazione

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

LA SVOLTA NORMATIVA

UNI EN 14227-2. Si applica a miscele legate con scorie dell'industria siderurgica (lavorazioni di ferro e acciaio) : 6 tipi

UNI EN 14227-3. Si applica a miscele per basi, fondazioni, sottofondazioni e rilevati con ceneri silicee/calcaree (combustione del carbone) : 6 tipi

UNI EN 14227-4. Si applicano a miscele per basi, fondazioni, sottofondazioni e rilevati. -> Classificazione delle ceneri volanti in base ai componenti (calcaree, silicee).

Classificazione delle miscele sulla base delle proprietà meccaniche (CBR, Rc, Rt, E)

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: Aggregati artificiali e di riciclo

GLI SVILUPPI NORMATIVI ITALIANI

UNI xxxxx/2012(?) Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture. Criteri di impiego dei materiali.

Parte 1 - Terre e miscele di aggregati sciolti

(Parte 2 – Terre e miscele di aggregati con legante)

Definisce aggregato: materiale granulare da usare nelle costruzioni, conforme alla norma UNI-EN 13242: naturale, artificiale o riciclato.

Artificiale o industriale: aggregato minerale risultante da un processo industriale che implichi una modificazione termica o di altro tipo. Riciclato: aggregato risultante dalla lavorazione di materiale derivato da processi di recupero.

Summer School SIIV 2011 – M. Pasetto (UNIPD)

SUMMER SCHOOL 2011

Sottotema: *Aggregati artificiali e di riciclo*

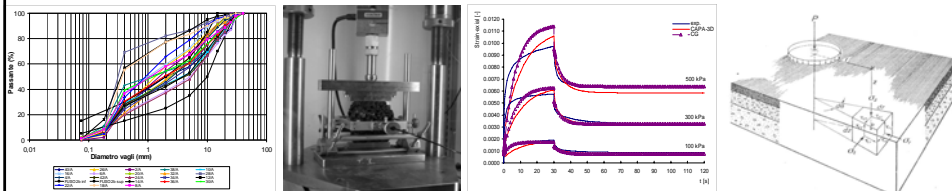
**CONTESTO NORMATIVO → RICERCA → VINCOLI LEGISLATIVI →
APPLICAZIONE**

Caratterizzazione fisico- meccanica, chimica e tossicologica dei componenti

Caratterizzazione prestazionale delle miscele

Analisi strutturale (dimensionamento delle soluzioni applicative)

Analisi costi/benefici (impatto ambientale, economie, ecc.)



Interporto di Padova



Realizzazione sovrastrutture interne ed esterni: mq 150.000
Anni di realizzazione: 1999-2002-2004

Benefici ottenuti:

Migliore distribuzione dei carichi sul sottofondo:

Riduzione delle sollecitazioni sugli strati bituminosi:
trazione

Riduzione delle deformazioni superficiali:

pressioni - 60%

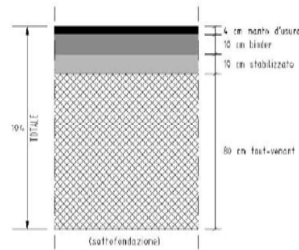
annullamento tensioni di

deformazioni - 75%

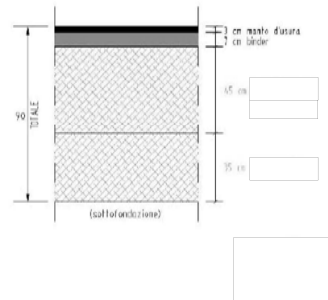


Interporto di Padova

SEZIONE TIPO
DI PROGETTO



SEZIONE TIPO
DI VARIANTE



Variante alla SS 246 di Montecchio Maggiore - Vicenza



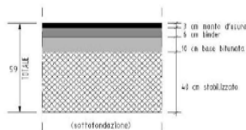
Realizz. di piattaforma stradale tipo la/b delle Norme CNR 78/80
Superficie realizzata: mq 150.000
Anno di realizzazione: 2005/2006

Benefici ottenuti:

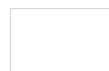
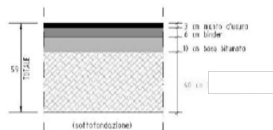
Migliore distribuzione dei carichi sul sottofondo:	pressioni	- 40%	
Riduzione delle sollecitazioni sugli strati bituminosi:	tensioni	- 60%	
Riduzione delle deformazioni superficiali:	deformazioni	- 30%	
Forte miglioramento del comportamento a fatica:	vita utile	sup. a 20 anni	

Variante alla SS 246 di Montecchio Maggiore - Vicenza

SEZIONE TIPO
DI PROGETTO



SEZIONE TIPO
DI VARIANTE





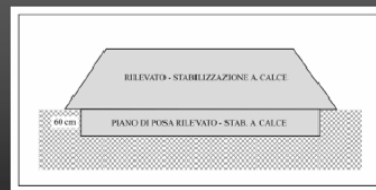
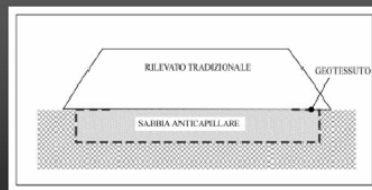
BILANCIO MATERIALI

PROGETTO

- Sabbia anticapillare: 73.000 mc
- Rilevato da cava: 102.000 mc
- Stabilizzato naturale: 10.000 mc
- Spessore congl. bituminoso: 36 cm

REALIZZAZIONE

- Sabbia anticapillare: 0 mc
- Rilevato stab. a calce: 102.000 mc
- Fondazione []: 14.000 mc
- Spessore congl. bituminoso: 23 cm

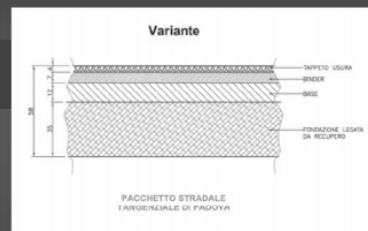


TANGENZIALE NORD DI PADOVA – 3° Lotto

PAVIMENTAZIONE



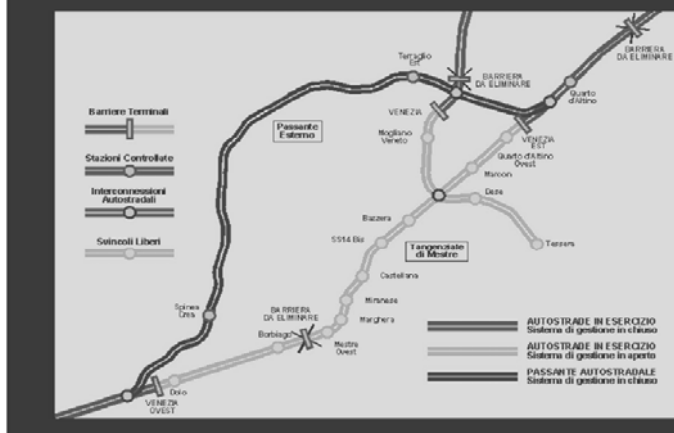
Spessore congl. bituminosi: 36 cm



Spessore congl. bituminosi: 23 cm

Aumento della vita utile della pavimentazione

PASSANTE DI MESTRE



PASSANTE DI MESTRE



PASSANTE di MESTRE

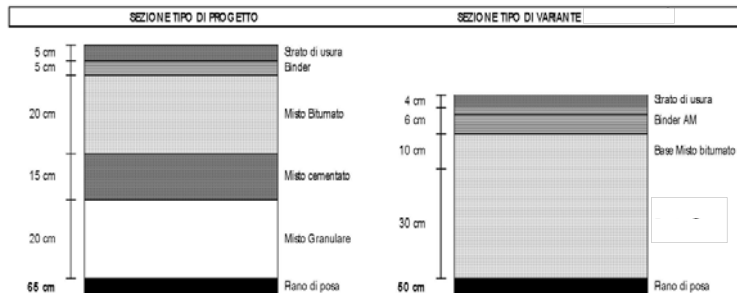


Realizzazione Passante di Mestre – Autostrada A4 – Variante di Mestre – Passante Autostradale
 Anno di realizzazione: inizio applicazione [] ottobre 2006
 Superficie da realizzare: 1.000.000 mq ca.

Benefici ottenuti:

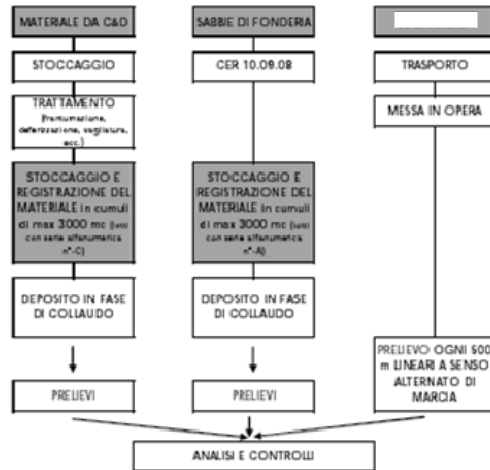
Migliore distribuzione dei carichi sul sottofondo:	pressioni	-10/30%	
Riduzione delle sollecitazioni sugli strati bituminosi:	tensioni	-9/31%	
Riduzione delle deformazioni superficiali:	deformazioni	-10/27%	
Miglioramento del comportamento a fatica:	vita utile	+ 88.58%	[]

La sovrastruttura





I controlli ambientali



* n = numero progressivo

I controlli

L'utilizzo di materie prime seconde passa necessariamente attraverso un processo di "recupero rifiuti".

Dato l'impiego che tali materiali hanno nell'ambito del settore delle costruzioni, ci si deve riferire a due ambiti normativi: quello relativo ai materiali da costruzione e quello relativo alla gestione dei rifiuti.

I controlli dal punto di vista della "gestione dei rifiuti" si dividono tra verifiche "a monte" ed "a valle" del processo produttivo alle quali poi si devono aggiungere i controlli Qualità previsti dal settore delle costruzioni.

Verifiche a monte

- Classificazione come rifiuto speciale non pericoloso;
- Rispetto dei parametri D.M. 186/2006 (se applicabili, in funzione dell'autorizzazione dell'impianto).

Verifiche a valle

- Alla stregua di tutti i materiali da costruzione tutti i prodotti, anche quelli di recupero, devono essere corredati con una propria scheda di sicurezza che ne attesti la conformità alla Decisione CE 2000/532 e s.m.i.e alla Direttiva CE 548/67 e s.m.i. Le verifiche analitiche che vengono condotte sono quindi finalizzate ad accertare la rispondenza dei parametri di cui alle direttive ed alla conseguente scheda di sicurezza-prodotto.
- Il test di cessione in allegato 3 al D.M. 186/2006 (se applicabile ed in funzione e dell'autorizzazione dell'impianto della tipologia di materiale).

Verifiche di Qualità

- Prove fisico meccaniche diversificate in funzione dei capitolati di riferimento (es granulometrie, prove di compressione, trazione ecc.)