



ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA
Via Giano Parrasio, n. 19 – 00152 ROMA

ALIG- Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica
organizza il convegno :

**Nuove normative nel settore dei laboratori geotecnici;
aspetti innovativi e criticità applicative**

Terre e aggregati nella norma UNI 11531
Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture
Criteri per l'impiego dei materiali: terre e miscele di aggregati non legati

Prof. Ing. Antonio D'Andrea – Sapienza Università di Roma

Storia

La CNR-UNI 10006-"Costruzione e manutenzione delle strade, Tecniche di impiego delle terre", dal 1963:

- ha regolato la pratica tecnica di tutte le opere civili costruite con materiali granulari;*
 - è stata riportata, integralmente o per stralci, nei capitolati speciali di appalto, negli elenchi dei prezzi e negli altri documenti contrattuali previsti dalle leggi;*
 - in innumerevoli casi, si è ritenuta sufficiente una citazione o un semplice rimando, tanto era diffusa la conoscenza di tale documento di riferimento condiviso.*
- Nel 2002 è stata aggiunta una appendice relativa ai misti granulari con aggregati riciclati e artificiali.*

Il recupero dei C&D Waste era già alla fine degli anni '90 una possibilità concreta, pronta per la codifica.

L'ammissione del C&D nel quadro normativo e dei capitolati era un'esigenza socio-economica per ottenere progressi nel campo ambientale e del risparmio di risorse non rinnovabili.

I più importanti sforzi per risolvere il problema e stabilire adeguati requisiti di accettazione:

❑ ***FERROVIE DELLO STATO (ITALFER)***

Specifica tecnica interna - unilaterale

❑ ***MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE***

Bozza di nuovo Capitolato - unilaterale

❑ ***UNI - Ente nazionale di normazione***

Allegato alla UNI-CNR 10006 - accordo volontario

La nuova norma UNI 11531-1 sulle opere civili delle infrastrutture

C.M. 5205 del 15/7/2005)

Allegato C1 CORPO DEI RILEVATI

PARAMETRO
Materiali litici di qualunque provenienza, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramiche, malte idrauliche ed aeree, intonaci e loppes di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).
Vetro e scorie vetrose
Conglomerati bituminosi
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitumi
Materiali plastici cavi: corrugati, tubi in plastica, etc.
Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, roccia o di vetro, etc.)
Passante al setaccio da 63 mm
Passante al setaccio da 4 mm
Passante al setaccio da 0,063 mm
Equivalente in Sabbia
Dimensione massima D _{max}
Ecocompatibilità

(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante prove di soluzione costituite da una parte di HCl e due parti di H₂O.
 (***) La serie di setacci deve essere composta al minimo da:
 Nota 1. La preparazione del campione da sottoporre ad analisi.
 Nota 2. I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm.
 Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscelare non legati e legati idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

Allegato C2 SOTTOFONDI STRADALI

PARAMETRO
Materiali litici di qualunque provenienza, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramiche, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie e loppes di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).
Vetro e scorie vetrose
Conglomerati bituminosi
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nei sottofondi stradali ai sensi della legislazione vigente
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitumi
Materiali plastici cavi: corrugati, tubi in plastica, etc.
Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, roccia o di vetro, etc.)
Equivalente in Sabbia
Perdita in peso per abrasione con app. "Angles"
Passante al setaccio da 63 mm
Passante al setaccio da 4 mm
Rapporto tra il Passante al setaccio da 4 mm e il Passante al setaccio da 0,063 mm
Passante al setaccio 0,063 mm
Indice di forma (frazione > 4 mm)
Indice di appiattimento (frazione > 4 mm)
Ecocompatibilità

(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante prove di soluzione costituite da una parte di HCl e due parti di H₂O.
 (***) La serie di setacci deve essere composta al minimo da:
 Nota 1. La preparazione del campione da sottoporre ad analisi.
 Nota 2. I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm.
 Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscelare non legati e legati idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

Allegato C3 STRATI DI FONDAZIONE

PARAMETRO
Materiali litici di qualunque provenienza, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramiche, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie e loppes di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).
Vetro e scorie vetrose
Conglomerati bituminosi
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nei sottofondi o fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitumi
Materiali plastici cavi: corrugati, tubi in plastica, etc.
Altri materiali (metalli, guaine, gesso*, roccia o di vetro, etc.)
Passante al setaccio da 40 mm
Passante al setaccio da 20 mm
Passante al setaccio da 10 mm
Passante al setaccio da 4 mm
Passante al setaccio da 2 mm
Passante al setaccio da 1 mm
Passante al setaccio da 0,5 mm
Passante allo staccio da 0,063 mm
Rapporto tra il Passante al setaccio da 4 mm e il Passante al setaccio da 0,063 mm
Equivalente in Sabbia
Perdita in peso per abrasione "Angles"
Indice di forma (frazione > 4 mm)
Indice di appiattimento (frazione > 4 mm)
Ecocompatibilità

(*) La preparazione del campione da sottoporre ad analisi.
 Nota 1. L'indice portante CIR della miscela di calcestruzzo con una minima compressione cubica di 20 N/mm² nel caso di miscelazione in acqua, un valore non inferiore a 30.
 Nota 2 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscelare non legati e legati idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

Allegato C4 RECUPERI AMBIENTALI, RIEMPIENTI E COLMATE

PARAMETRO
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie e loppes di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).
Vetro e scorie vetrose
Conglomerati bituminosi
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitumi
Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc.
Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, roccia o di vetro, etc.)
Passante al setaccio da 63 mm
Passante al setaccio da 0,063 mm
Ecocompatibilità

(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante l'osservazione visiva e la prova di soluzione costituite da una parte di HCl e due parti di H₂O.
 (***) La serie di setacci deve essere composta al minimo da:
 Nota 1. La preparazione del campione da sottoporre ad analisi.
 Nota 2. I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm.
 Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscelare non legati e legati idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

Allegato C5

STRATI ACCESSORI AVENTI FUNZIONE ANTIGELO, ANTICAPILLARE, DRENANTE, ETC.

Possono essere costituiti da materiale riciclato se considerato idoneo allo scopo. Tale materiale deve rispettare le prescrizioni relative alla composizione valide per gli strati di sottofondo.

PARAMETRO	MODALITÀ DI PROVA	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie e loppes di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242).	Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm	> 80% in massa
Vetro e scorie vetrose	Idem	≤ 10% in massa
Conglomerati bituminosi	Idem	≤ 15% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nei sottofondi stradali ai sensi della legislazione vigente	Idem	≤ 15% in totale e ≤ 5% per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitumi; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc.	Idem	≤ 0,1% in massa
Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.)	Idem	≤ 0,4 % in massa
Ecocompatibilità	Test di cessione di cui all'Art. 3 DM 05/02/1998	Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998

Nota (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscelare non legati e legati idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

corpo dei rilevati
sottofondi e fondazioni
sistemazioni ambientali
strati drenanti ed antigelo

Schede tecniche
per il C&D

Necessità di una nuova norma

Nel 2004 l'Ente UNI ha ritirato la norma UNI 10006 pensando che fosse stata rimpiazzata dalle:

UNI EN 13242:2004

UNI EN 13285:2004

UNI EN ISO 14688-1:2003

UNI EN ISO 14688-2:2004

Ma le citate EN non la sostituiscono affatto.

Si occupano di:

- procedure per il saggio di alcune proprietà dei materiali granulari e modalità di espressione dei risultati;*
- schema generale di classificazione dei terreni in posto.*

Mancano indicazioni sui controlli e sui limiti di accettazione.

Scopi della nuova norma 10006 → 11531-1

- *un punto di vista unitario sulla materia;*
- *distinguere i campi di intervento di ciascuna norma EU;*
- *classificazione funzionale delle terre;*
- *criteri di selezione ed accettazione degli aggregati;*
- *modi d'impiego, trattamento e stabilizzazione;*
- *verifica di buona esecuzione delle opere;*
- *riferimento per capitolati e rapporti contrattuali.*

Le norme EN per i materiali sciolti (non legati)

- La ISO 14688, stabilisce i principi generali per l'identificazione e la classificazione delle terre naturali in sito e delle terre movimentate e ridepositate dall'uomo, e indica i criteri per raggrupparle in classi di composizione e proprietà simili.*
- La EN 13242 specifica le proprietà di aggregati ottenuti mediante trattamento di materiali naturali o artificiali o riciclati, da utilizzare come materiali non legati e legati con leganti idraulici, per impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade. Fornisce i criteri di classificazione del materiale secondo caratteristiche geometriche, fisiche e chimiche e prescrive un sistema di controllo della produzione per la marcatura CE.*
- La EN 13285 specializza la EN 13242 per le miscele all-in (0/D) non legate di aggregati naturali, artificiali e riciclati destinati alle strade.*

La UNI 11531-1 per le terre (EN 14688)

Definizione di terra:

ogni roccia sciolta o frammentaria, incoerente per natura o che diviene tale in seguito a più o meno prolungato contatto con acqua, ovvero insieme di granuli minerali e/o organici separabili con debole azione meccanica ottenuti da scavi o provenienti da cave, salvo l'eventuale passaggio su un vaglio sgrossatore.

*E' altresì denominato terra il risultato della miscelazione di due terre o di una terra e di un aggregato naturale.
(correzione granulometrica già prevista dalla CNR 169 e altre CNR)*

Sono escluse dalla definizione i depositi antropici e le miscele di terre con aggregati di origine non naturale.

Deposito antropico (man-made ground)

Tutti i depositi superficiali derivanti o interessati dall'attività antropica quali:

- a) rilevati, riempimenti, colmate,*
- b) ogni trasferimento o rimodellazione del terreno naturale,*
- c) gli accumuli di materiale di riporto o di scarto (da miniere o altre attività civili o industriali).*

La nuova norma UNI 11531-1 sulle opere civili delle infrastrutture

La nuova UNI 11531-1 per le terre .. (criteri EN 14688)

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0.063 mm ≤ 35%							Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0.063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Frazione passante allo staccio 2 mm	≤ 50	-	-										
0.4 mm	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.063 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 mm													
LL (Limite liquido)	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	
IP (Indice di plasticità)	≤ 6	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	IP ≤ LL-30	IP > LL-30	
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compres- sibili	Limi molto compres- sibili	Argille poco compres- sibili	Argille molto compres- sibili e media- mente plastiche	Argille molto compres- sibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazion e, detriti organici
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellente a buono					Da mediocre a scadente							Da scartare
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media	
Ritiro e rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla			

Novità per le terre: la nozione di lotto

Frequenze di caratterizzazione al prelievo

Individuati i lotti di produzione ritenuti omogenei in base a osservazione visiva e valutazione geologica, della dimensione massima di 10.000 m³, per ogni lotto devono essere compiuti almeno due campionamenti, al fine di accertare le proprietà indicate nel Prospetto scegliendo le porzioni apparentemente più differenti tra loro. Nel caso i due campionamenti evidenzino eccessiva variabilità o portino a classificazione in differenti gruppi del Prospetto, il lotto deve essere suddiviso in lotti più piccoli e su ciascuno di essi il controllo deve essere ripetuto su 5 punti di prelievo opportunamente distribuiti.

Frequenze in fase di stesa

La frequenza minima delle verifiche da eseguire al momento della stesa è pari a quella indicata, per le analoghe prove, nei prospetti relativi agli aggregati naturali e artificiali.

La nuova UNI 11531-1 per gli aggregati (ex 13242)

*Gli aggregati sono, come le terre, assortimenti granulari, ma se ne differenziano in quanto sono ottenuti mediante un trattamento, più o meno complesso, di materiali **naturali** o **industriali** o **riciclati**.*

Nella norma europea naturali, artificiali e riciclati sono tre categorie elencate sempre insieme. Nella nuova UNI 11531-1 le tre categorie sono dichiarate utilizzabili senza pregiudizi per tutte le differenti destinazioni di impiego, ma tenendo conto delle particolari possibili "debolezze" di ciascuna tipologia, puntando a garantire pari qualità tecnica, in modo che risulti indifferente usare i naturali o riciclati.

Si applicano i principi generali indicati nella EN 13285 (miscele).

Cosa aggiunge la UNI 11531-1 ?

- i requisiti specifici per ciascun utilizzo*
- in altre parole, sceglie tra le varie possibilità offerte dalla EN*

La nuova norma UNI 11531-1 sulle opere civili delle infrastrutture

Requisiti per aggregati naturali e artificiali (EN 13242 + EN 13285)

Miscele non legate di aggregati naturali e artificiali		Impieghi					
		Corpo del rilevato		Sottofondo		Supercompattato	
Caratteristica	Norma di prova	<i>Requisito</i>	<i>Frequenza minima di prova in fase di stesa</i>	<i>Requisito</i>	<i>Frequenza minima di prova in fase di stesa</i>	<i>Requisito</i>	<i>Frequenza minima di prova in fase di stesa</i>
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0 / 63	5000 m ³	0 / 31,5	2000 m ³	0 / 63	2000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC₈₅	5000 m ³	OC₇₅	2000 m ³	-	
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF₃₅	5000 m ³	UF₁₅	2000 m ³	-	
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	G_N	5000 m ³	G_U	2000 m ³	-	
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	-		FI₃₅	20000 m ³	-	
Qualità dei fini		MB₅	5000 m ³	MB₅	2000 m ³	-	
Qualità dei fini (alternativo)		SE₂₀	5000 m ³	SE₃₀	2000 m ³	SE₂₅	2000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI-EN 1097-2	LA₅₀	50000 m ³	LA₄₅	20000 m ³	LA₅₀	20000 m ³
Massa volumica max con energia Proctor modificata	EN 13286-2	√	5000 m ³	√	2000 m ³	√	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	-		≥ 10	50000 m ³	-	
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 98% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	-		-		≥ 50	50000 m ³
Rigonfiamento CBR	EN 13286-47	-		≤ 1 %	50000 m ³	-	
Sonnenbrand del basalto (*)	UNI-EN 1097-2	SB_{LA}	50000 m ³	SB_{LA}	50000 m ³	-	
Stabilità volumetrica (*)	UNI EN 1744-1 19.3	V_{3,5}	50000 m ³	V_{3,5}	20000 m ³	-	

(*) Solo quando si usino aggregati per i quali è richiesta la prova.

Il simbolo √ indica che la caratteristica deve essere determinata, ma non deve rispondere a un requisito.

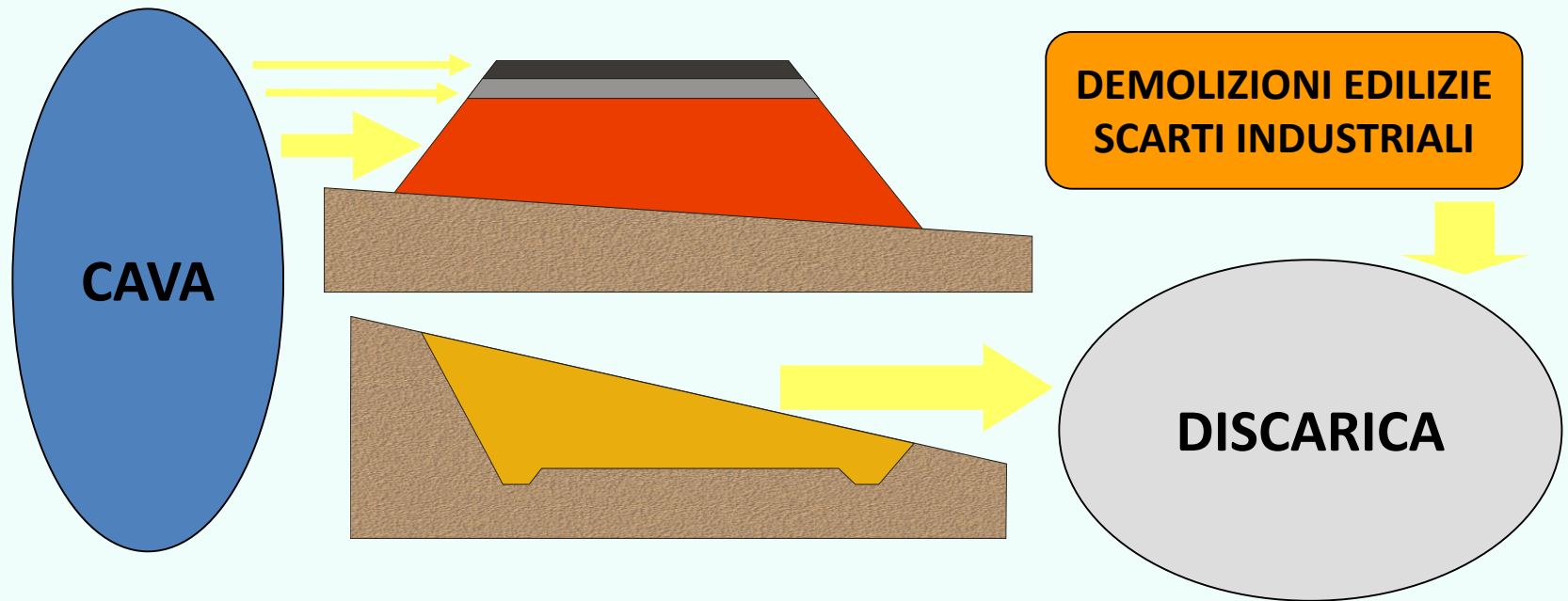
Il simbolo - indica che la determinazione della caratteristica può essere omessa.

La nuova norma UNI 11531-1 sulle opere civili delle infrastrutture

Requisiti per aggregati naturali e artificiali (EN 13242 + EN 13285)

Miscele non legate di aggregati naturali e artificiali		Impieghi					
		Strato anticapillare		Fondazione non legata		Base non legata	
Caratteristica	Norma di prova	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>
Designazione	UNI EN 13242 /13285	2 / 31,5		0 / 31,5		0 / 31,5	
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	-		OC₇₅	1000 m ³	OC₈₅	1000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF₃	1000 m ³	UF₉	1000 m ³	UF₉	1000 m ³
Contenuto minimo dei fini	UNI EN 933-1	-		LF₂	1000 m ³	LF₂	1000 m ³
Granulometria	UNI EN 933-1	G_{C85/15}	1000 m ³	G_A	1000 m ³	G_A	1000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI₃₅	10000 m ³	FI₃₅	10000 m ³	FI₃₅	10000 m ³
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	-		MB₂	1000 m ³	MB_{1,5}	1000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	SE₇₀	1000 m ³	SE₃₀	1000 m ³	SE₅₀	1000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI-EN 1097-2	LA₄₀	10000 m ³	LA₃₀	10000 m ³	LA₃₀	10000 m ³
Percentuale di particelle frantumate/arrotondate	UNI-EN 933-5	-		-		C_{90/3}	10000 m ³
Resistenza all'usura	UNI-EN 1097-1	-		-		M_{DE20}	10000 m ³
Massa volumica max con energia Proctor modificata	EN 13286-2	-		√	2000 m ³	√	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati con umidità ±2% dell'ottimo al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	-		≥ 30	20000 m ³	-	
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati con umidità ±2% dell'ottimo al 100% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	-		-		≥ 80	20000 m ³
Rigonfiamento CBR	EN 13286-47	-		≤ 1 %	20000 m ³	≤ 1 %	20000 m ³
Perdita di resistenza dopo cicli di gelo e disgelo (*)	EN 1367-1	-		ΔS_{LA} ≤ 30	50000 m ³	ΔS_{LA} ≤ 30	50000 m ³
Sonnenbrand del basalto (**)	UNI-EN 1097-2	SB_{LA}	50000 m ³	SB_{LA}	50000 m ³	SB_{LA}	50000 m ³
Stabilità volumetrica (**)	UNI EN 1744-1 19.3	V_{3,5}	10000 m ³	V_{3,5}	10000 m ³	V_{3,5}	10000 m ³

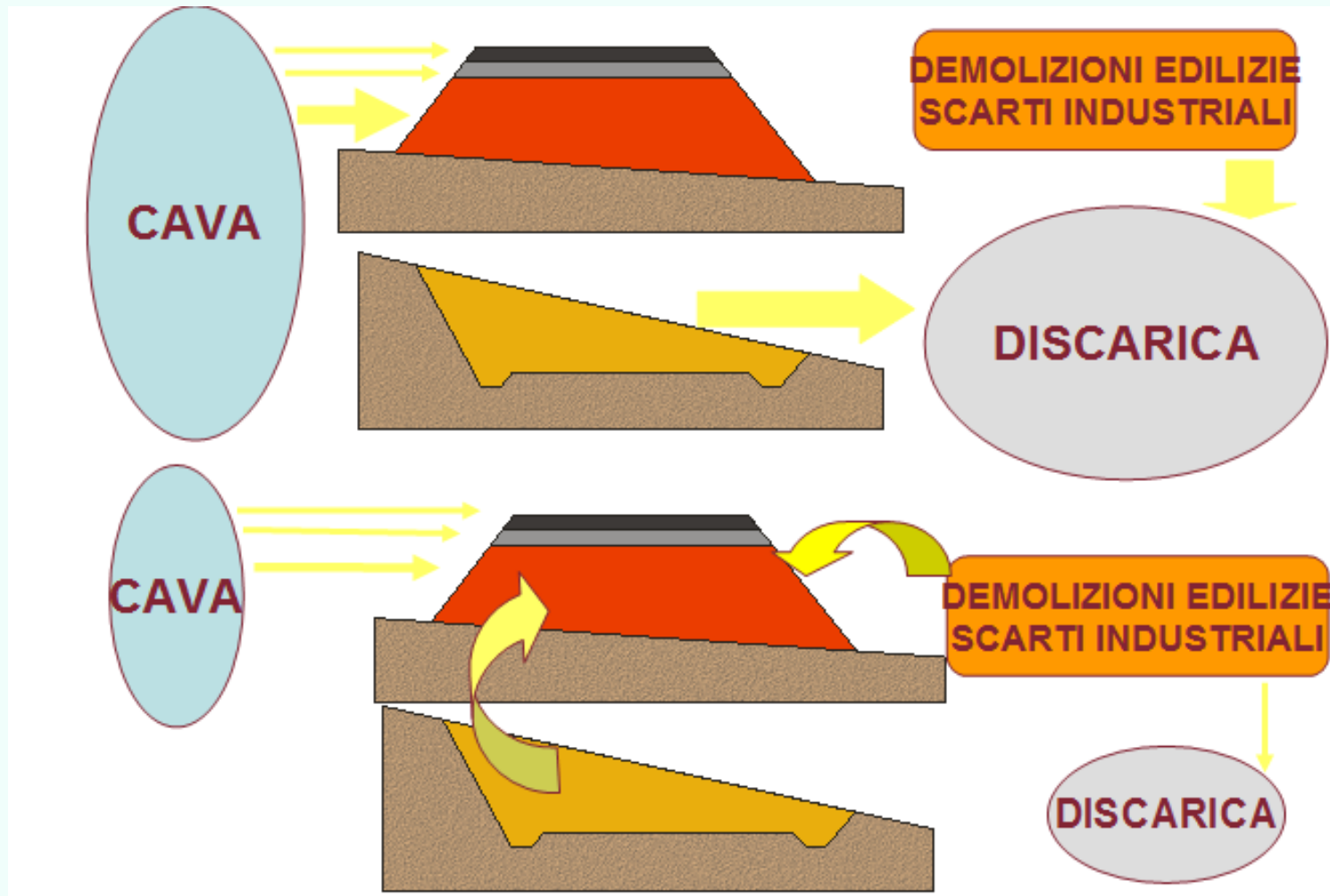
Ciclo di allegro spreco per la costruzione di infrastrutture



In molti stati europei, come anche nelle regioni italiane meno ricche di materie prime naturali e con attività edilizia più intensa, si sono pian piano sviluppate:

- tecnologie ed impianti innovativi per i materiali alternativi;
- circuito e mercato per i rifiuti recuperabili civili e industriali;
- competenze tecniche e norme per il loro buon impiego.

I "nuovi" materiali per la costruzione di infrastrutture



Il riutilizzo degli scarti edilizi non è una novità
nelle strade della romanità era presente uno strato di
fondazione detto "rudus" o "runderatio", composto di
macerie provenienti dalle demolizioni.



dalla 10006-2002 alla sezione riciclati della UNI 11531

- *diverse composizioni tipo degli aggregati riciclati in funzione della provenienza (da cls, da macerie dell'edilizia, da demolizioni stradali, da scarti industriali, da rifiuti di vetro, etc.);*
- *modalità di campionamento e di saggio;*
- *cautele di impiego ai diversi livelli di utilizzo;*

Utilità e limite: ammettere gli aggregati riciclati alla stessa stregua degli aggregati naturali, prevenendo e superando i problemi derivanti dalle loro caratteristiche intrinsecamente speciali:

- *Composizione disomogenea*
- *Composizione variabile nel tempo*
- *Resistenza differenziata*
- *Forma dei grani*
- *Presenza di legno o altri degradabili o deperibili*

Composizione dei riciclati da C&D

Analisi delle materie da eliminare:

Inquinanti {
- metalli pesanti
- vernici, acidi, veleni, etc.
- guaine, etc.

*Leggi
ambientali*

Non inquinanti e non deperibili: ferro, plastica, vetro, ..

Possibili problemi: ad es. tondini isolati e lunghi (costipamento)

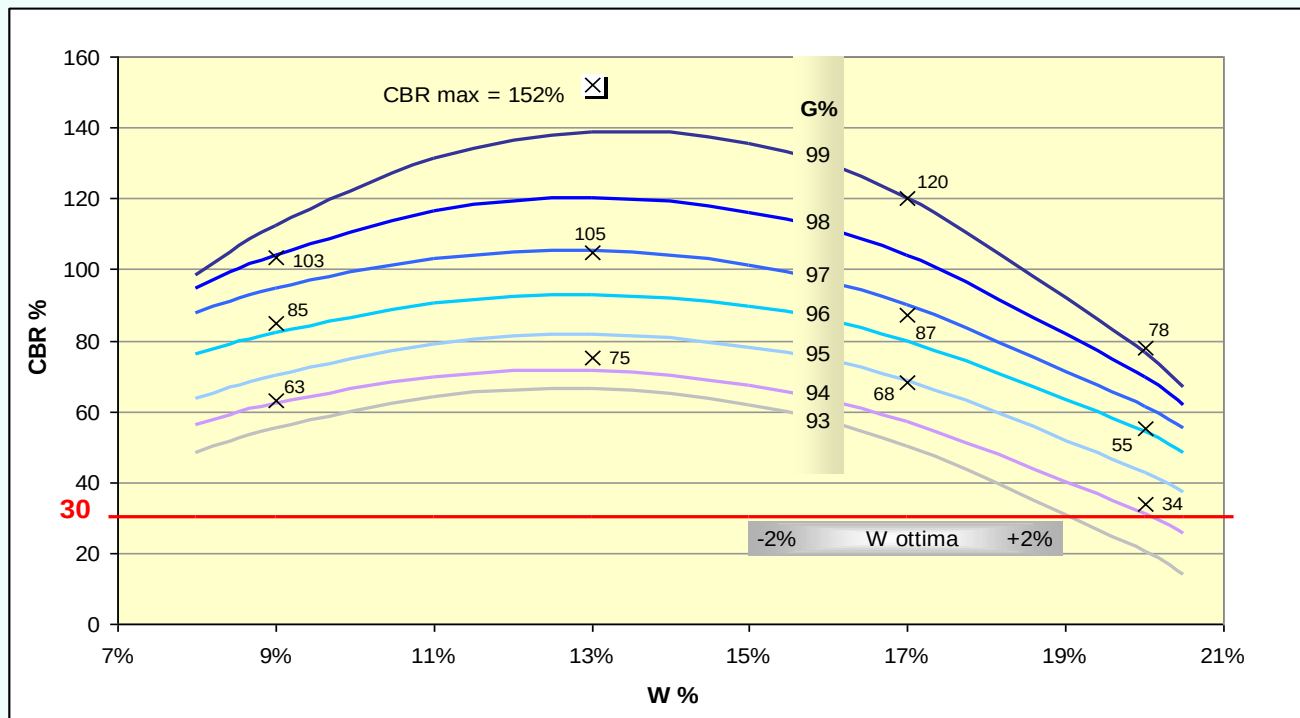
Deperibili



Legno, carta, cartone, fibre tessili,
residui alimentari, polistirolo, etc.

Ci sono differenze con i materiali tradizionali ?

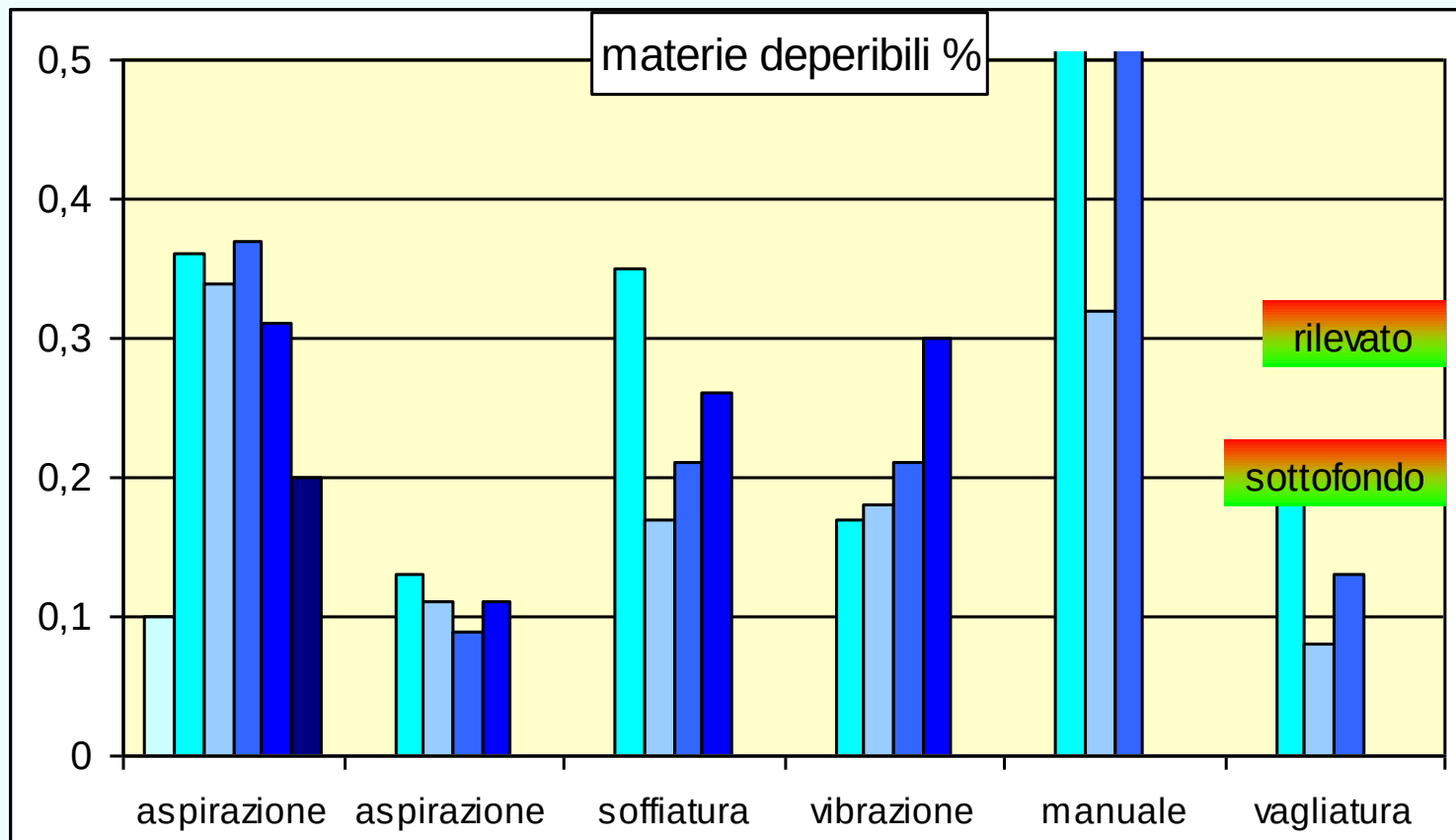
Materiali deperibili: creazione di vuoti nel tempo.



Conseguenza tecnica:
riduzione di portanza,
stimabile con prove CBR.

Limite proponibile: 1% in volume = 0,2% in massa

Eliminazione dei deperibili: efficacia delle procedure di riduzione



FORMA DEI GRANI:

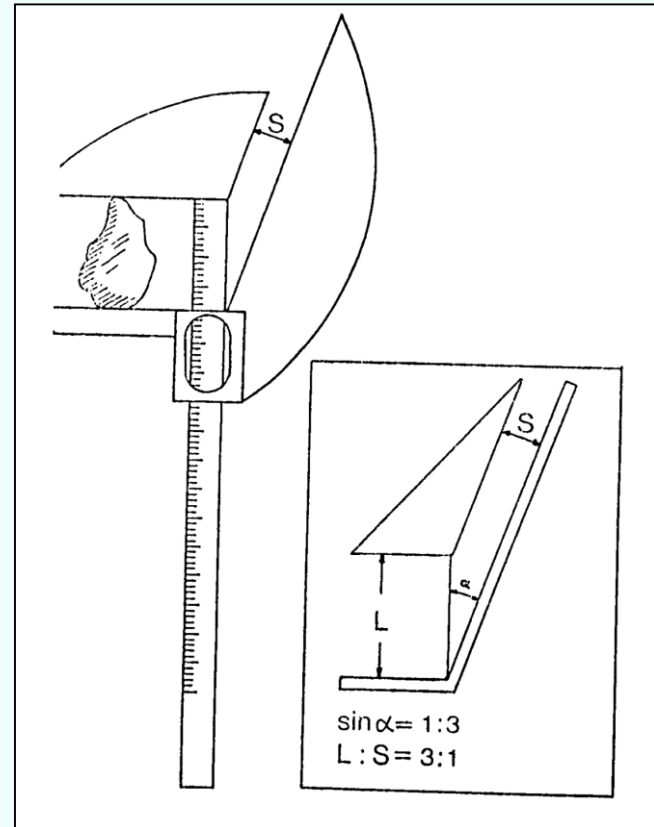
Influisce su lavorabilità e su compattezza del materiale costipato

Dipende dalla presenza relativa di piastrelle e foratini, ma soprattutto dal frantumatore impiegato in impianto.

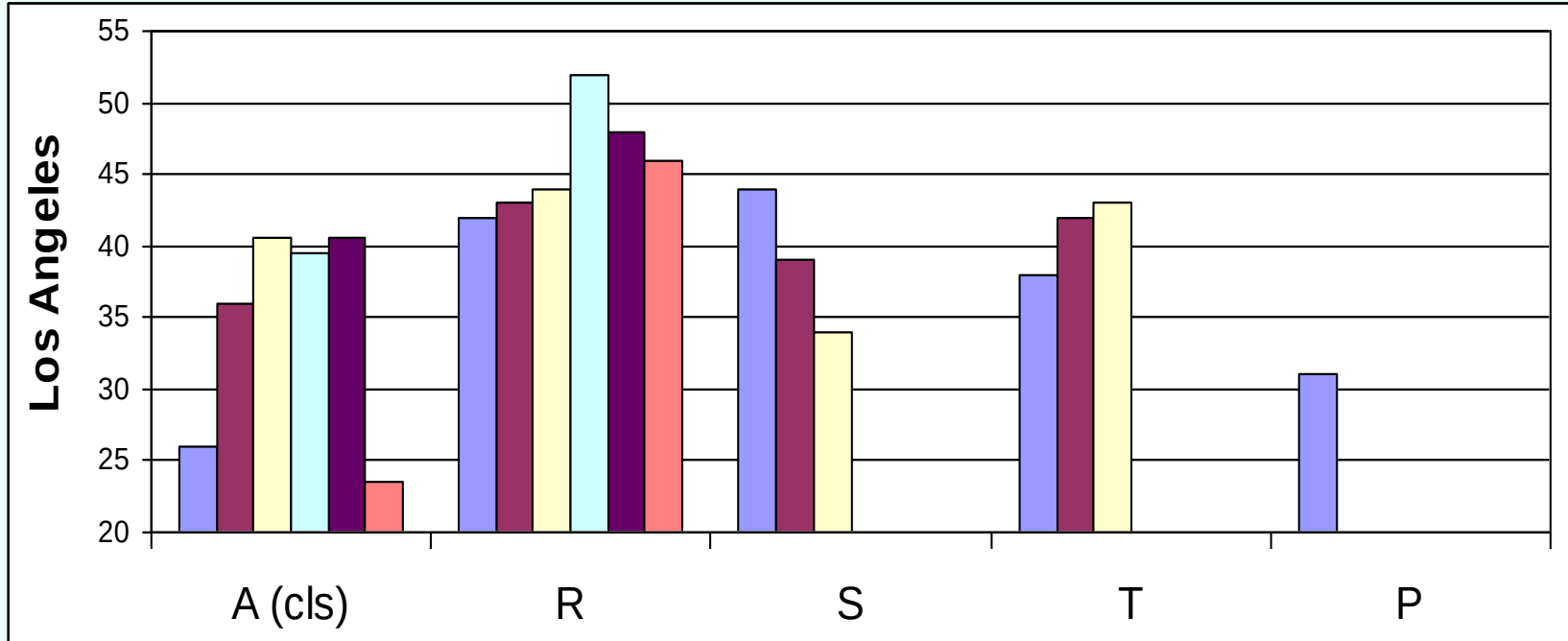
Coefficiente di forma: L/S

Coefficiente di appiattimento: D/S

prove "La Sapienza"	R.O.S.E. cls	R.O.S.E. macerie	E.R.A. cls
Indice di forma	9	27	16
Indice di appiattimento	10	35	

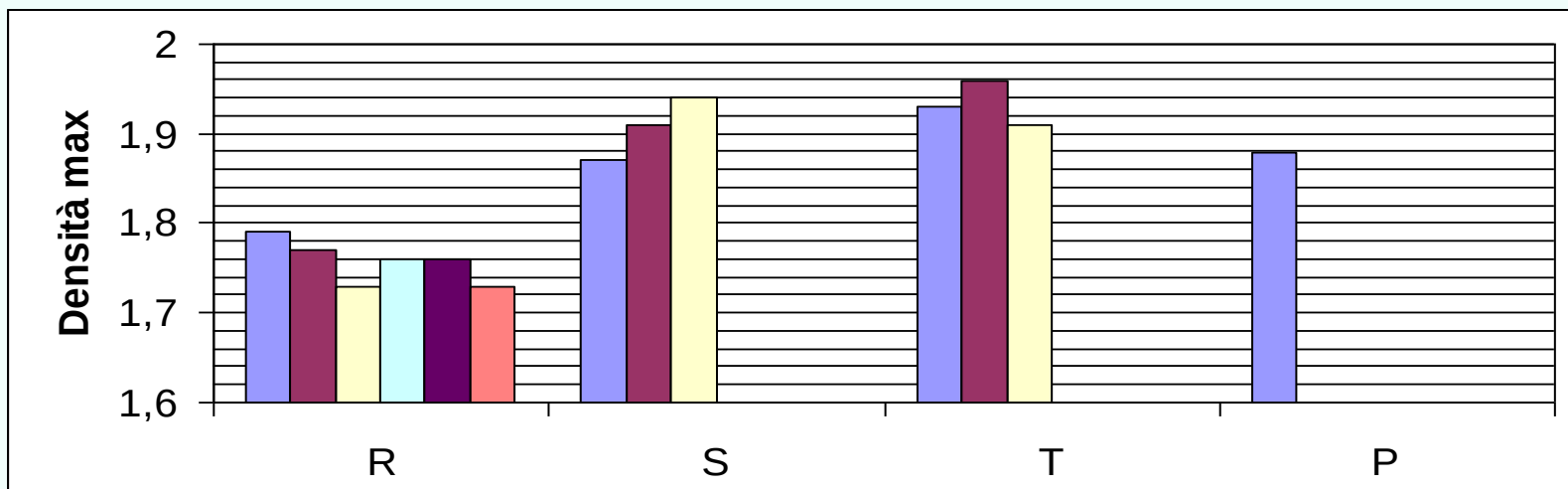
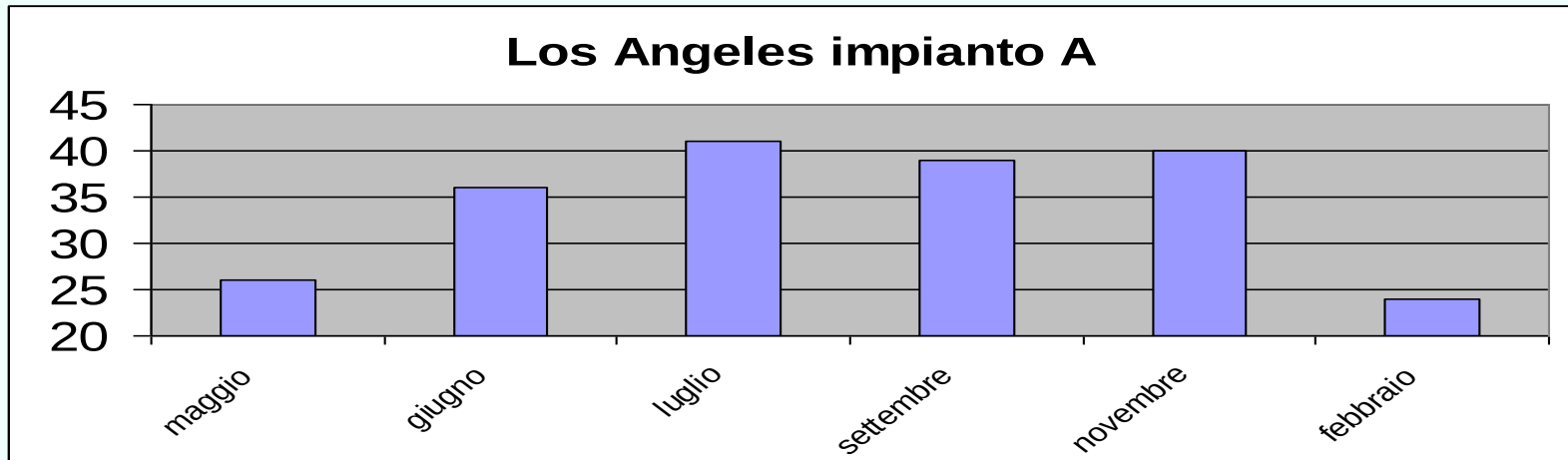


DISOMOGENEITA' COSTITUZIONALE



Limite al Coefficiente Los Angeles -> 45

VARIABILITA' COMPOSITIVA ED INCOSTANZA NEL TEMPO



INCOSTANZA NEL TEMPO - RIMEDI

CRITERIO GUIDA:

massima "eterogeneità" di
composizione mineralogica e costituzionale
come garanzia di "costanza" delle prestazioni
(un buon campionamento svela l'eccessiva "omogeneità")

*Inversione della logica di controllo ordinaria:
ricercare ed evidenziare le disuniformità locali*

PROCEDURE PRO-COSTANZA

Classificazione dei conferimenti

Stoccaggio per categorie

Prelievo proporzionale

Frantumazione e riclassificazione granulometrica

Asportazione automatica di leggeri ed estranei

Accumulazione in grandi volumi

Rimescolamento

MODALITA' DI SAGGIO E CONTROLLO

In relazione alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire disuniformità del comportamento in opera,

- gli aggregati da C&D possono essere impiegati unicamente se facenti parte di LOTTI (o partite)
- i LOTTI vanno tutti caratterizzati prima dell'impiego
- il lotto non deve superare i 3000 m³

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Colmate/rinterri		Corpo del rilevato		Sottofondo	
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in calcestruzzo, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro	UNI EN 933-11	Rcug₅₀	20000 m ³	Rcug₅₀	5000 m ³	Rcug₇₀	2000 m ³
						% in massa	
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	-		Rg₅₋	5000 m ³	Rg₅₋	2000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	-		Ra₃₀₋	5000 m ³	Ra₁₀₋	2000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume,	UNI EN 933-11	FL₁₀₋	20000 m ³	FL₁₀₋	5000 m ³	FL₅₋	2000 m ³
						cm ³ / kg	
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi.	UNI EN 933-11	X₁₋	20000 m ³	X₁₋	5000 m ³	X₁₋	2000 m ³
						% in massa	

Aggregati riciclati da C&D

classificazione secondo Tabella 12 EN 13242:2008

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Strato anticapillare		Fondazione non legata		Base non legata	
Caratteristica	Norma di prova	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in calcestruzzo, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro	UNI EN 933-11	Rcug₇₀	1000 m ³	Rcug₉₀	1000 m ³	Rcug₉₀	1000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg₅₋	1000 m ³	Rg₅₋	1000 m ³	Rg₅₋	1000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi.	UNI EN 933-11	Ra₃₀₋	1000 m ³	Ra₅₋	1000 m ³	Ra₁₋	1000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume,	UNI EN 933-11	FL₅₋	1000 m ³	FL₅₋	1000 m ³	FL₅₋	1000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi.	UNI EN 933-11	X₁₋	1000 m ³	X₁₋	1000 m ³	X₁₋	1000 m ³

Aggregati riciclati da C&D

classificazione secondo Tabella 12 EN 13242:2008

Criteria di accettazione degli aggregati da C&D EN 13242 + EN 13285

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Colmate/rinterri		Corpo rilevato		Sottofondo	
Caratteristica armonizzata	Norma di prova	<u>Requisito minimo</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito minimo</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito minimo</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0/63	20000	0/63	5000 m ³	0 / 31,5	2000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC₇₅	20000	OC₈₅	5000 m ³	OC₇₅	2000 m ³
Sottovaglio della miscela	UNI EN 933-1	-		UF₃₅	5000 m ³	UF₁₅	2000 m ³
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	G_N	20000	G_N	5000 m ³	G_U	2000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	-		FI₅₀	50000 m ³	FI₃₅	2000 m ³
Qualità dei fini		-		MB₅	5000 m ³	MB₅	2000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)		-		SE₂₀	5000 m ³	SE₃₀	2000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI-EN 1097-2	-		LA50	50000 m ³	LA45	20000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1/10	-		SS_{0,2}	5000 m ³	SS_{0,2}	2000 m ³

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Strato anticapillare		Fondazione		Base	
Caratteristica armonizzata	Norma di prova	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>
Designazione	UNI EN 13242 /13285	2/31,5		0/31,5		0 / 31,5	
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	NA		OC₇₅	1000 m ³	OC₈₅	1000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF₃	1000 m ³	UF₉	1000 m ³	UF₉	1000 m ³
Contenuto minimo dei fini	UNI EN 933-1	NA		LF₂	1000 m ³	LF₂	1000 m ³
Granulometria	UNI EN 933-1	G_C90/15	1000 m ³	G_A	1000 m ³	G_A	1000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI₃₅	10000 m ³	FI₃₅	10000 m ³	FI₃₅	10000 m ³
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	NA		MB₂	1000 m ³	MB_{1,5}	1000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	SE₇₀	1000 m ³	SE₃₀	1000 m ³	SE₅₀	1000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI-EN 1097-2	LA₄₀	10000 m ³	LA₃₀	10000 m ³	LA₃₀	10000 m ³
Percentuale di particelle frantumate/arrotondate	UNI-EN 933-5	NA		NA		C_{90/3}	10000 m ³
Resistenza all'usura	UNI-EN 1097-1	NA		NA		M_{DE}20	10000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1/10	SS_{0,2}	1000 m ³	SS_{0,2}	1000 m ³	SS_{0,2}	1000 m ³

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Colmate/rinterri		Corpo del rilevato		Sottofondo	
Massa volumica max con energia Proctor modificata	EN 13286-2	NA		√	5000 m ³	√	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati con umidità ±2% dell'ottimo al 94% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	NA		NA		≥ 10	50000 m ³
Rigonfiamento CBR	EN 13286-47	NA		NA		≤ 1 %	50000 m ³

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Strato anticapillare		Fondazione non legata		Base non legata	
Caratteristica	Norma di prova	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>	<u>Requisito</u>	<u>Frequenza minima di prova in fase di stesa</u>
Massa volumica max con energia Proctor modificata	EN 13286-2	NA		√	2000 m ³	√	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati con umidità ±2% dell'ottimo al 94% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	NA		≥ 50	20000 m ³	NA	
Portanza CBR dopo 4 gg di imbibizione su provini costipati con umidità ±2% dell'ottimo al 99% della massa volumica massima all'energia Proctor mod.	EN 13286-47	NA				≥ 100	20000 m ³
Rigonfiamento CBR	EN 13286-47	NA		≤ 1 %	20000 m ³	≤ 1 %	20000 m ³
Perdita di resistenza dopo cicli di gelo e disgelo (*)	EN 1367-1	NA		ΔS _{LA} ≤ 30	10000 m ³	ΔS _{LA} ≤ 30	10000 m ³

Novità importante e utile: il campo prova

Quando: *Se i volumi dei movimenti di materia sono superiori a 100000 m³, e negli altri casi quando sia compatibile con i tempi e l'organizzazione dei lavori (non sproporzionato rispetto ai lavori)*

Scopo: *definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, o similari, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori (grado di addensamento e/o portanza)*

A cosa si applica: ogni tipologia di approvvigionamento di materiale.

Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato: in questo caso, dopo la sperimentazione saranno eventualmente demolite le sole parti del manufatto non accettabili, sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

Importanza della nuova 10006 per i riciclati da C&D

Nella norma europea la modalità di classificazione degli aggregati è identica qualsiasi sia la provenienza.

Naturali, artificiali e riciclati sono tre categorie elencate sempre insieme.

Nella nuova UNI 11531-1 le tre categorie sono dichiarate utilizzabili senza pregiudizi per tutte le differenti destinazioni di impiego, facendo definitivamente piazza pulita dei preesistenti pregiudizi, che tuttora riecheggiano in molti capitolati correnti.

Naturali, artificiali e riciclati hanno pari dignità e richieste prestazionali equivalenti.

I requisiti stabiliti per i diversi livelli di prestazione sono ovviamente specializzati per tener conto delle particolari possibili "debolezze" di ciascuna tipologia, ma sono dirette a garantire pari qualità tecnica, in modo che risulti indifferente usare i naturali o riciclati.

Comparazione tra aggregati riciclati e naturali

Caratteristiche salienti degli aggregati da C&D:

- *Granulometria bene assortita e "progettabile";*
- *Insensibilità all'acqua ($IP=NP$; E.S. ottimo);*
- *Elevata capacità drenante;*
- *Relativa indifferenza all'umidità di costipamento;*
- *Ottima portanza.*

In molti casi, il riciclato da C&D può risultare tecnicamente migliore del materiale vergine effettivamente disponibile nel raggio utile per l'opera.



*Vantaggi
tecnici*

Comparazione tra aggregati riciclati e naturali

Bilancio globale dei volumi di materia:

- *riduzione dei rifiuti smaltiti*
- *riduzione del depauperamento del territorio*

Offerta di nuovi e più distribuiti luoghi di vendita degli aggregati (e di conferimento a discarica dei rifiuti):

- *tempo di trasporto da origine a destinazione;*
- *consumi energetici;*
- *inquinamento atmosferico (gas e polveri);*
- *rumore e vibrazioni;*
- *densità di traffico e congestione.*

Impatto ambientale della "produzione"

- *abbattimento: assente*
- *frantumazione: molto più limitata*



*Vantaggi
ambientali*

Comparazione tra aggregati riciclati e naturali

Confronto tra i costi di produzione: riciclato vs. naturale

*"abbattimento": assenti o negativi (prezzo di conferimento)
trasferimento dal "fronte di cava" all'impianto: minori
selezione preliminare: aggiuntivi
frantumazione: da uguali a minori
separazione elementi estranei e pulizia: aggiuntivi*

Costi di trasporto (dipendono da origine e destinazione)

*la collocazione dell'impianto è ottimizzabile:
prossimo ai luoghi di impiego (le città)
vicino alle grandi arterie di traffico*

Capacità di produzione e stoccaggio:

*adequabile alla bisogna con
una corretta pianificazione*



*Vantaggi
economici*

Come impatta la nuova norma sui vari attori della filiera delle costruzioni ?

I produttori di aggregati

Hanno un riferimento per orientare la produzione e marcare CE scegliendo tra le varie destinazioni d'uso.

Il Progettista

Ha il compito di definire il Capitolato Speciale di Appalto, selezionando i materiali e le tecnologie con il miglior rapporto costi-benefici, nel rispetto delle prestazioni attese.

Con la norma UNI 11531-1 ha ora un riferimento ponderato e aggiornato al corrente stato dell'arte per comporre le voci di capitolato e per stabilire i requisiti cui i materiali e le opere debbono corrispondere.

La Stazione Appaltante

Ha l'interesse e l'obbligo di realizzare opere sicure, durevoli e funzionali con la minore possibile spendita di denaro pubblico e, in base alle disposizioni più recenti del GPP, anche nel rispetto dell'ambiente.

Con la norma UNI 11531-1 ha gli strumenti per scegliere tra diversi materiali, ottimizzando i vantaggi economici e ambientali.

Il Direttore dei Lavori

Ha il compito di eseguire il progetto, controllare che tutte le opere siano realizzate senza vizi e pagare l'Impresa secondo quanto effettivamente realizzato.

Può disporre o acconsentire variazioni minori all'opera che non alterino sostanzialmente il progetto.

Come può essere interessato dalla nuova norma se il progetto è precedente alla sua uscita ?

Codice appalti

Art. 132. Varianti in corso d'opera

1. Le varianti in corso d'opera possono essere ammesse, sentito il progettista e il direttore dei lavori, esclusivamente qualora ricorra uno dei seguenti motivi:

a) per esigenze derivanti da sopravvenute disposizioni legislative e regolamentari;

b) per cause impreviste e imprevedibili accertate nei modi stabiliti dal regolamento, o per l'intervenuta possibilità di utilizzare materiali, componenti e tecnologie non esistenti al momento della progettazione che possono determinare, senza aumento di costo, significativi miglioramenti nella qualità dell'opera o di sue parti e sempre che non alterino l'impostazione progettuale;

Terre e aggregati nella norma UNI 11531-1
Costruzione e manutenzione delle opere civili
delle infrastrutture

Grazie per la vostra attenzione !

Prof. Ing. Antonio D'Andrea
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Sapienza Università di Roma
antonio.dandrea@uniroma1.it