

COMUNE DI GENOVA
PROVINCIA DI GENOVA

RELAZIONE SUI MATERIALI

OGGETTO:

AMPLIAMENTO CAMPO SPORTIVO SESTRESE CALCIO

COMMITTENTE:

COMUNE DI GENOVA - ING. ROBERTO INNOCENTINI

TECNICO :

ARCH. NICOLA RUGGIERO

Cemento armato

In fase progettuale è necessario garantire sia il raggiungimento dei livelli di sicurezza previsti dalle normative, sia la durabilità delle opere, pertanto è di fondamentale importanza definire i requisiti delle materie prime utilizzati e le modalità di esecuzione. Secondo quanto riportato nelle NTC 2018, i materiali e i prodotti per utilizzo strutturale devono essere: o identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili o qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili o accettati dal DL mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Il calcestruzzo, secondo quanto previsto dalle Norme tecniche vigenti, deve essere prodotto da impianti dotati di un sistema di controllo permanente della produzione, certificato da un organismo terzo indipendente e riconosciuto. È compito del DL accertarsi che i documenti di trasporto indichino gli estremi della certificazione. Nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto in cantiere occorre che, sotto la sorveglianza del DL, vengano prequalificate le miscele da parte di un laboratorio ufficiale (di cui all'art. 59 del DPR 380/2001). Sul calcestruzzo sarà effettuato un controllo di accettazione secondo quanto previsto nel capitolo 11 delle NTC 2018. Al fine di garantire le prestazioni previste nel progetto è necessario individuare i seguenti dati fondamentali: o classe di esposizione ambientale o classe di resistenza o classe di consistenza o acqua d'impasto o leganti o aggiunte e additivi o dimensione del copriferro ed interferro o tipo di aggregati e dimensioni.

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella seguente tabella con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e riproposte nelle NTC 2018 § 4.1.2.2.4.3.

Tabella I. Condizioni ambientali e classe di esposizione

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

L'individuazione della classe di esposizione ambientale può essere effettuata facendo riferimento quanto riportato nelle UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004. Nella Tabella II sono riportati i dati desunti dal prospetto 1 della UNI 11104:2004. Le strutture in fondazione sono soggette ad una classe XC2.

Tabella II. Classi di esposizione

CLASSI DI ESPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO				
Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006				
Agenti Corrosivi	Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Ambiente	Esempio
NESSUNO	1	XD	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo / disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
CARBONATAZIONE DEL CALCESTRUZZO	2a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
	2a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
	5a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
	4a 5b	XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.
CLORURI	5a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
	4a 5b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).
	5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.
CLORURI DELL'ACQUA DI MARE		XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
		XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.
		XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.
GELI / DISGELI CICLICI		XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.

La classe di resistenza è la prescrizione minima sul calcestruzzo all'atto del progetto ed è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubica R_{ck} e cilindrica f_{ck} a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm. Convenzionalmente la classe di resistenza viene indicata con la sigla C_{fck} / R_{ck} , con f_{ck} e R_{ck} espressi in MPa. Sulla base della denominazione normalizzata vengono definite le classi di resistenza della Tabella III. L'impiego delle diverse classi di resistenza è indicato nella Tabella IV. La scelta della classe di resistenza in funzione delle classi di esposizione ambientale può essere effettuata con riferimento al prospetto 4 della UNI 11104:2004 e riportato nelle parti di maggior interesse nella Tabella V.

Tabella III. Classi di resistenza

CLASSE DI RESISTENZA
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C28/35
C32/40
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

Tabella IV. Impiego delle diverse classi di resistenza

<i>STRUTTURE DI DESTINAZIONE</i>	<i>CLASSE DI RESISTENZA MINIMA</i>
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

Tabella V. Valori limite per la composizione e la proprietà del calcestruzzo

<i>Classi di esposizione</i>	<i>Minima classe di resistenza</i>	<i>Massimo rapporto a /c</i>	<i>Minimo contenuto in cemento kg/m³</i>
X0	C12/15	-	-
XC1	C25/30	0,6	300
XC2			
XC3	C28/35	0,55	320
XC4	C32/40	0,5	340
XS1	C32/40	0,5	340
XS2	C35/45	0,45	360
XS3			
XD1	C28/35	0,55	320
XD2	C32/40	0,5	340
XD3	C35/45	0,45	360
XF1	32/40	0,5	320
XF2	25/30	0,5	340
XF3			
XF4	28/35	0,45	360
XA1	28,35	0,55	320
XA2	32/40	0,5	340
XA3	35/45	0,45	360

In relazione alla classe di esposizione individuata si ha: o classe di resistenza minima: C25/30 ;

Dalla Tabella V è possibile ricavare, inoltre, il contenuto minimo di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Al fine di ridurre le fessurazioni da ritiro e valori elevati di porosità, è possibile ricavare il valore massimo del rapporto acqua/cemento. I valori prescritti sono: o minimo contenuto in cemento: 300 kg/m³ o massimo rapporto a/c: 0.6.

Per la corretta esecuzione in opera del conglomerato si provvederà mediante idonea costipazione e per quanto riguarda la stagionatura, allo scopo di evitare le conseguenze del ritiro, saranno assicurate successive annaffiature.

La lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma, viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza. La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche: di conseguenza può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova. Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi: o abbassamento del cono (UNI 9418); o spandimento (UNI 8020 – metodo B). I valori di riferimento per ciascun metodo di prova sono indicati nelle Tabelle VI e VII.

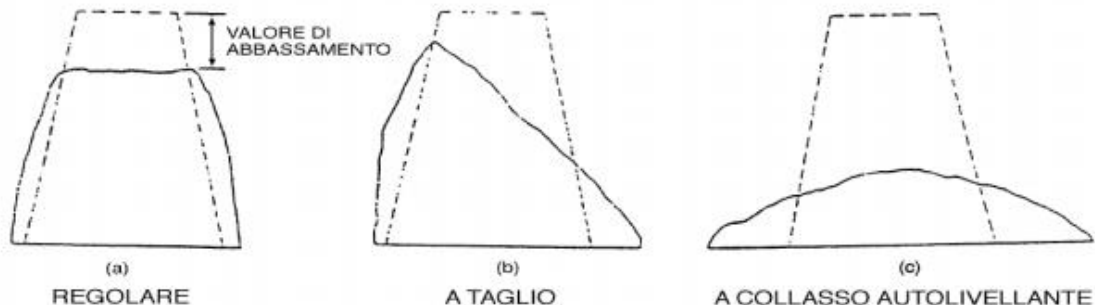
Tabella VI. Classe di consistenza – Misura dell'abbassamento del cono di Abrams

<i>Classe di consistenza</i>	<i>Abbassamento[mm]</i>	<i>Denominazione</i>
S3	da 100 a 150	semifluida
S4	da 160 a 210	fluida
S5	maggiore di 210	superfluida

Tabella VII. Classe di consistenza – Misura dello spandimento

<i>Classe di consistenza</i>	<i>Spandimento [mm]</i>
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	maggiore di 630

Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento (Figura 1). La prima forma, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare. La seconda forma, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione; essa tende a manifestarsi con miscele facili alla segregazione. In caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto. La terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additivate con superfluidificanti. Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso ci si dovrà accertare del fenomeno, onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela.



Nel caso in esame si prescrive una classe di consistenza S3 per il getto con pompaggio del calcestruzzo. Per tale classe di consistenza, coerentemente a quanto indicato nella Tabella V, dev'essere accertato che gli abbassamenti del cono di Abrams siano superiori a 100 mm. Per getti effettuati direttamente dalla canale dell'autobetoniera si prescrive una classe di consistenza S4, pertanto gli abbassamenti del cono di Abrams dovranno essere compresi fra 160 e 210 mm. Nel caso in cui, per motivi legati all'operatività, venga richiesto di utilizzare una classe di consistenza diversa da quella prescritta, può venire autorizzata dalla DL e annotata sull'apposito registro di cantiere, adducendo le motivazioni della variazione. Il mantenimento della classe di consistenza deve essere garantito per un tempo di almeno due ore alla fine del carico dell'autobetoniera e comunque non meno di un'ora dall'arrivo in cantiere, tempo, in cui l'impresa deve completare lo scarico. Il fornitore di calcestruzzo e l'impresa devono programmare il getto in modo che il produttore cadenzi le consegne per dare il tempo necessario all'impresa per poter mettere in opera il materiale.

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella produzione del calcestruzzo, poiché una sua errata scelta o dosaggio può dare origine a fenomeni di ritardo o di accelerazione nel processo di presa e di indurimento,

con un possibile conseguente degrado delle strutture. Al fine di evitare tali inconvenienti è necessario che l'acqua di impasto possieda i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1008: 2003. Tale norma impone un'analisi chimica delle acque usate al fine di accertare la presenza e l'eventuale contenuto di composti chimici aggressivi nei confronti del cemento o dell'acciaio. Nel caso in cui le analisi imposte dalla norma siano soddisfatte, può essere usata anche acqua di riciclo.

Nelle in opere oggetto impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n. 595. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206- 1:2006 ed UNI 11104:2004. I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1. Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro c_{min}) deve rispettare quanto indicato in Tabella VIII in funzione delle condizioni ambientali di Tabella I. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...). A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa (Δh), pari a 10 mm o minore; con riferimento alla norma UNI EN 1992-1-1 tale valore viene assunto pari a: o 5 mm nel caso di controllo molto accurato (elementi prefabbricati) o 10 mm nel caso di controllo sicuro (elementi realizzati in opera) I valori della Tabella VIII si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella VIII vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della Tabella VIII sono da aumentare di 5 mm.

Tabella VIII. Copriferro al netto delle tolleranze di esecuzione

C_{min}			barre da c.a.		barre da c.a.		cavi da c.a.p.		cavi da c.a.p.	
			el. a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
cond. amb.	C_{min}	C_o	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
ordinarie	C25/30	C35/45	15	20	20	25	25	30	30	35
aggressive	C28/35	C40/50	25	30	30	35	35	40	40	45
molto aggressive	C35/45	C45/55	35	40	40	45	45	50	50	50

Nel caso in esame il copriferro risulta essere pari a 40 mm.

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella Tabella IX. È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti riportati in Tabella X, a

condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione. Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella Tabella X.. Il diametro massimo degli aggregati viene scelto pari al minore fra i seguenti valori: o $da1 = \frac{1}{4}$ sezione minima dell'elemento = 75 mm o $da2 = \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$ o $da3 = 1.3 \cdot c_{nom} = 32.5 \text{ mm}$ Poiché sono di difficile reperimento inerti con dimensione massima superiore ai 32 mm e vista la distanza molto piccola tra le barre d'armatura negli angoli, è consigliabile assumere la dimensione massima degli inerti nella miscela cementizia $< 25 \text{ mm}$ Il diametro massimo degli aggregati prescritto è pari a: $da_{max} = 25 \text{ mm}$.

Tabella IX. Attestazione della conformità

<i>Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento</i>	<i>Uso Previsto</i>	<i>Sistema di Attestazione della Conformità</i>
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2+

Tabella X. Utilizzo aggregati provenienti da riciclo

<i>Origine del materiale da riciclo</i>	<i>Classe del calcestruzzo</i>	<i>percentuale di impiego</i>
demolizioni di edifici (macerie)	$\approx C8/10$	fino al 100 %
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	$\leq C30/37$	$\leq 30 \%$
	$\leq C20/25$	Fino al 60 %
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe da calcestruzzi $> C45/55$	$\leq C45/55$	
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 5%

I getti saranno opportunamente stipati e vibrati e la loro superficie verrà tenuta umida per almeno tre giorni. Sarà comunque vietata l'esecuzione di getti quando la temperatura esterna è minore di zero gradi. Il disarmo delle casseformi, nelle costruzioni in cemento armato normale, nelle migliori condizioni atmosferiche, dovrà avvenire: o non prima di tre giorni per gli elementi verticali; o non prima di dieci giorni per gli elementi orizzontali di luce modesta.

Acciaio da cemento armato.

Per le armature delle strutture in c.a. è previsto l'impiego di acciaio B450C controllato in stabilimento, sotto forma di barre ad aderenza migliorata, aventi le caratteristiche meccaniche e tecnologiche richieste dalla normativa; i requisiti richiesti sono riportati nella Tabella XI. Per la corretta esecuzione in opera del conglomerato cementizio si provvederà mediante idonea costipazione e per quanto riguarda la stagionatura, allo scopo di evitare le conseguenze del ritiro, saranno assicurate successive annaffiature.

Tabella XI. Caratteristiche e requisiti barre di acciaio B450C

Tensioni nominali di rottura e snervamento	
$f_{y, nom}$	450 N/mm ²
$f_{t, nom}$	540 N/mm ²

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}		5
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}		5
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15	10
	< 1.35	
$(f_y/f_{y, nom})_k$	≤ 1.25	10
Allungamento $(A_g)_k$	$\geq 7.5 \%$	10
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
$16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
$25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione. La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro; o saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo; o giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Muratura armata.

MATERIALI MURATURE ARMATE													
IDEN	COMPONENTI		VALORI DI CALCOLO				ARMATURE		ARCHITRAVE		DEFORMAZ. ULTIME		PESO
Mat. N.ro	Tipo Malta	fbk N/mmq	fk kg/cmq	fvk0 kg/cmq	Mod. E kg/cmq	Mod. G kg/cmq	Classe Acciaio	Fi Spig. (mm)	Tipo Materiale	Classe CLS	Taglio (u/h)	Fless. (u/h)	Gamma kg/mc
2	M 10	20.00	80.00	3.00	80000	32000	B450C	14	MUR.ARMATA	C25/30	0.0060	0.0120	2000