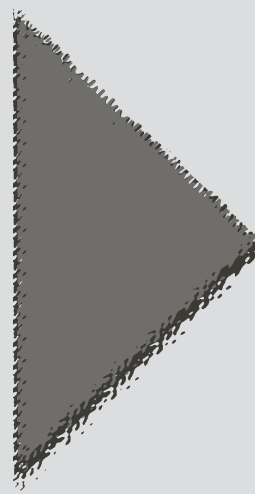




Sch. Tec. FS02

## LINEA FRCM SYSTEM

Consolidamento strutturale



# Sistemi di rinforzo murario ed antisismico con intonaci strutturali armati con reti in fibra FRCM-CRM

## Descrizione

L'uso dei rinforzi sotto forma di intonaci strutturali armati con leganti cementizi e leganti idraulici a reattività pozzolanica e in calce idraulica con reti in fibra di carbonio C-NET, vetro AR G-NET, basalto B-NET, tessuti in acciaio UHTSS galvanizzato STEEL NET G (Sistemi FRCM) e reti preformate GFRP in vetro alcali resistente RG-NET BA (Sistema CRM), è una tecnologia di miglioramento statico e sismico particolarmente indicata per il settore delle murature, dei Beni Culturali e delle dimore storico-artistiche. Tale tecnica proposta nel mercato nazionale negli ultimi anni consente infatti di ottenere, una volta adottata, un miglioramento generale delle caratteristiche meccaniche delle murature specie se ammalorate e soggette ad azioni sismiche attraverso un rinforzo di matrice inorganica reversibile e traspirante, progettato e commisurato alle reali azioni sollecitanti sulle murature in particolare modo per flessione, taglio e confinamento.

Il sistema può essere adottato per pannelli murari, cortine, pilastri in muratura, volte che hanno manifestato vari gradi di ammaloramenti e dissesti e che si intendano mettere in sicurezza con una tecnologia poco invasiva e compatibile con le caratteristiche generali del manufatto storico.

Sono stati condotti e sono tuttora in corso studi e sperimentazioni del ns. gruppo in campo nazionale ed internazionale che testimoniano la validità del sistema per l'ambito specifico a cui sono destinati.

La nostra azienda inoltre sviluppa un importante servizio di consulenza ed assistenza ingegneristica anche con software dedicati, riservato alle pubbliche amministrazioni, alle imprese, ai progettisti e ai tecnici di settore.



## Campi d'impiego

I principali impieghi del sistema di rinforzo murario sono per:

- incremento di resistenza di pannelli murari portanti, pilastri in muratura, archi, volte
- messa in sicurezza di pannelli di tamponamento, pannelli murari portanti sotto azione sismica
- miglioramento al taglio delle murature
- miglioramento alle azione esterne ortogonali al piano del pannello
- collegamenti di elementi collaboranti alle azioni esterne

## Vantaggi

Buone caratteristiche meccaniche e prestazionali in ambito statico e sismico.

Ottima resistenza chimica al pH, alle atmosfere umide, industriali e marine, alla carbonatazione.

Ridotti spessori di malta armata con reti in carbonio, vetro AR, basalto rispetto a sistemi tradizionali con reti elettrosaldate e malte o guniti.

Applicabilità in ambienti umidi.

Applicabilità su superfici anche irregolari con ridotti oneri di livellamento.

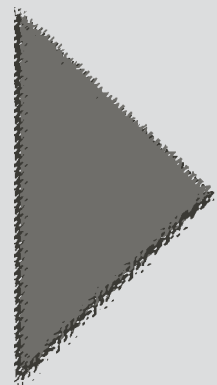
Permeabilità al vapore del sistema di rinforzo.

Protezione dalla corrosione dell'armatura di rinforzo nei c.a.

Resistenza al fuoco del sistema (REI 60 con un solo cm di malta applicata con rete di rinforzo).

Compatibilità e reversibilità del sistema in ambito Beni Culturali.

Maggiore facilità di movimentazione e di intervento in cantiere.



## Dati Tecnici

### RETI C-NET in carbonio BIDIREZIONALI

**Resistenza a trazione filamento >4700 MPa - Modulo elastico 240 GPa - Allungamento >1,8%**

Classificazione	maglia mm	grammatura g/m <sup>2</sup>	Resistenza a trazione per direzione alla deform. 0,75% kN/m
-----------------	--------------	--------------------------------	---

C-NET 170 BL	15x15	170	89
C-NET 220 BL	10x10	220	115

Le reti C-NET 170 BL e 220 BL sono disponibili in rotoli di altezza cm 100 e lunghezza di 50 m.

### RETI G-NET in vetro E-AR BIDIREZIONALI

Classificazione	maglia mm	grammatura g/m <sup>2</sup>	Resistenza a trazione ordito/trama kN/m
-----------------	--------------	--------------------------------	--

#### VETRO E

**Resistenza a trazione filamento >3000 MPa - Modulo elastico 73 GPa - Allungamento >4%**

G-NET 120 B*	10x10	120	36/42
G-NET 250 B*	8,5x9,5	250	72/72
G-NET 350 B*	16,5x16,5	350	70/70
G-NET 500 B*	25x25	520	100/100

#### VETRO AR

**Resistenza a trazione filamento >2000 MPa - Modulo elastico 70 GPa - Allungamento >3%**

G-NET 121 BA*	10x10	120	25
G-NET 251 BA*	25x25	250	50
G-NET 301 BAL*	34x34	300	60
G-NET 401 BAL*	26x26	400	90
G-NET 601 BAL*	30x30	600	125

I materiali sono disponibili in rotoli di altezza 100 cm e lunghezza di 50 m. Lunghezza rotolo G-NET 121 BA 100 m.

### RETI RG-NET BA preformate in vetro alcali resistente BIDIREZIONALI CRM

Classificazione	maglia mm	barre m	Resistenza media a trazione per direzione kN/m
-----------------	--------------	------------	---

RG33-NET BA	33x33	30	168
RG66-NET BA	66x66	15	84
RG99-NET BA	99x99	10	56

I materiali sono disponibili in rotoli di altezza 105 cm e lunghezza di 100 m.

### RETI B-NET in basalto BIDIREZIONALI

**Resistenza a trazione filamento >3200 MPa - Modulo elastico 90 GPa - Allungamento >3%**

Classificazione	maglia mm	grammatura g/m <sup>2</sup>	Resistenza a trazione per direzione kN/m
-----------------	--------------	--------------------------------	---

B-NET 250 BA*	28x28	250	80
B-NET 450 BA*	25x25	450	145

I materiali sono disponibili in rotoli di altezza 100 cm e lunghezza di 50 m.

\*Rete apprettata

Consultare l'ufficio commerciale dell'azienda per altre tipologie e disponibilità. Alcuni materiali sono disponibili su commessa.

## MATRICI INORGANICHE PER INTONACO STRUTTURALE

Le principali malte a resistenza per intonaco strutturale da utilizzarsi per il rinforzo murario sono:

**CONCRETE ROCK V malta monocomponente a ritiro compensato, Classe R4.**

**CONCRETE ROCK V2 malta bicomponente a basso modulo, ad elevato potere adesivo, Classe R4.**

**CONCRETE ROCK S malta monocomponente a reattività pozzolanica, Classe R2.**

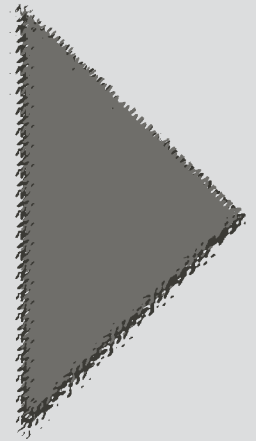
**LIMECRETE malta in calce idraulica M15 per murature storiche, conforme UNI EN 998-1,2.**

**LIMECRETE S2 malta bicomponente in calce idraulica M15 per murature storiche, conforme UNI EN 998-1,2.**

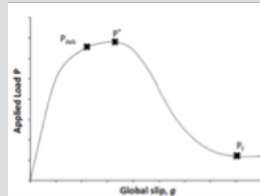
Tutti i prodotti sono disponibili in sacchi. Per le caratteristiche tecniche consultare le schede prodotto.

## Sperimentazioni Universitarie con reti e matrici inorganiche FRCM-SRG

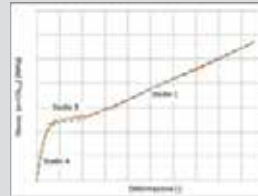
Il rinforzo con compositi FRCM e SRG rappresenta una tecnica sviluppatasi negli ultimi anni e gli studi disponibili in letteratura sono ancora limitati; in particolare esiste al momento una sola linea guida pubblicata di recente negli Stati Uniti (ACI 549.4R-13) con indicazioni sull'utilizzo di questi compositi. In Italia la linea guida è allo studio da un'apposita commissione nazionale. La letteratura disponibile riguardo ai compositi FRCM indica che la rottura tipica di questi compositi avviene in prevalenza all'interfaccia fibra-matrice e non all'interno del substrato, come invece accade in prevalenza nel caso dei compositi FRP. La rottura all'interfaccia dei compositi FRCM è caratterizzata da un distacco progressivo delle fibre dalla matrice caratterizzato da scorrimenti. La rottura è inoltre complicata dal cosiddetto effetto telescopico (acciaio escluso), un meccanismo per cui i filamenti all'interno di ciascun fascio di fibre si comportano in modo differente, principalmente a causa della differente impregnazione dei filamenti esterni rispetto a quelli interni. Risulta pertanto più complessa la definizione del legame costitutivo e le modalità di rottura/debonding dei sistemi a matrice inorganica. Si riportano due curve tipologiche allo studio in ambito scientifico.



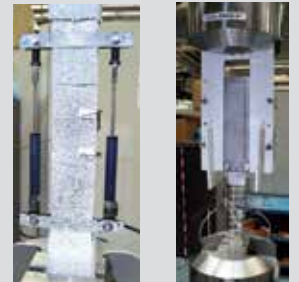
In tale ottica G&P intech, che opera da anni nella ricerca con sperimentazioni universitarie e nella partecipazione a seminari scientifici nazionali ed internazionali, ha partecipato al round robin realizzato in sede Rilem TC 250 a guida Università Roma Tre che ha coinvolto molti laboratori universitari italiani ed europei al fine di determinare su una popolazione più vasta il reale comportamento di tali compositi nel settore delle murature.



Curva tipologica carico - scorrimento



Esempio di legame costitutivo a trazione uniassiale tensione-deformazione



Test condotti presso Univ. Roma Tre

Tale importante lavoro di ricerca e sperimentazione è volto alla definizione dei legami costitutivi e del reale comportamento a collasso per taglio dei sistemi testati ed in particolare per definire delle linee guida di modellazione necessarie ai fini del calcolo per l'ingegneria strutturale. G&P intech ha testato con due diverse matrici inorganiche in calce idraulica naturale Classe M15 Limecrete e a reattività pozzolanica Classe R2 Concrete Rock S diverse tipologie di reti in carbonio, vetro AR e basalto e tessuti in acciaio UHTSS galvanizzati ed inox. I tests sono stati eseguiti sulla rete secca a trazione diretta e sul composito ancorato al supporto murario normalizzato e testato a taglio (debonding). I risultati medi principali sono riportati nella tabella 1 sottostante. Il rapporto di ricerca sperimentale è a disposizione su richiesta.

Tabella 1 Fibra testata	Rete secca trazione diretta media			Distacco dal supporto per taglio Tensione limite MPa
	Tensione limite MPa	Modulo Elastico GPa	Deform. %	
Reti in vetro AR alcali resistenti G-NET	>1000	>55	1,50	750-950
Reti in basalto B-NET	1450	75	1,70	1200-1300
Reti in carbonio C-NET	1850	209	0,90	>1500
Tessuto in acciaio galvanizzato UHTSS	>2200	190	1,20	>1500

Matrici impiegate in calce idraulica LIMECRETE Classe M15 e a reattività pozzolanica CONCRETE ROCK S Classe R2



Ulteriori test sono stati condotti presso l'Università di Perugia. In tale sperimentazione sono stati testati pannelli murari debolmente ammortati rinforzati in entrambe le facce con sistema FRCM costituito da rete in carbonio C-NET 170 BL e matrice inorganica e messi a confronto con sistemi FRP in carbonio. In alcuni pannelli rinforzati con FRCM sono stati poi posizionati connettori di ancoraggio AFIX in nr. 5/m<sup>2</sup> per verificare l'effetto di tali presidi allo stato ultimo di collasso. Le prove condotte sono state a compressione semplice e a taglio a mezzo prove diagonali (foto). I risultati sono riportati in tabella 2 da cui si evince il rilevante incremento di resistenza a taglio rispetto ai pannelli non rinforzati sia nella configurazione FRP che FRCM. Inoltre il contributo dei connettori allo stato di collasso risulta incrementale per un valore del 40% circa. Per quanto riguarda la compressione semplice i migliori incrementi di resistenza di sono ottenuti con l'impiego degli FRCM e connettori.

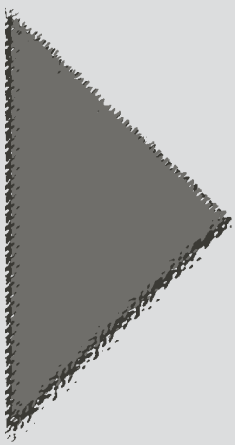
Tabella 2 Tipo di rinforzo	Aumento della resistenza a compressione rispetto al pannello di controllo	Aumento della resistenza a taglio rispetto al pannello di controllo
CFRP	+ 20%	+325%
FRCM	+ 73,6%	+279%
FRCM+ connettori AFIX	+ 116,13%	+342%





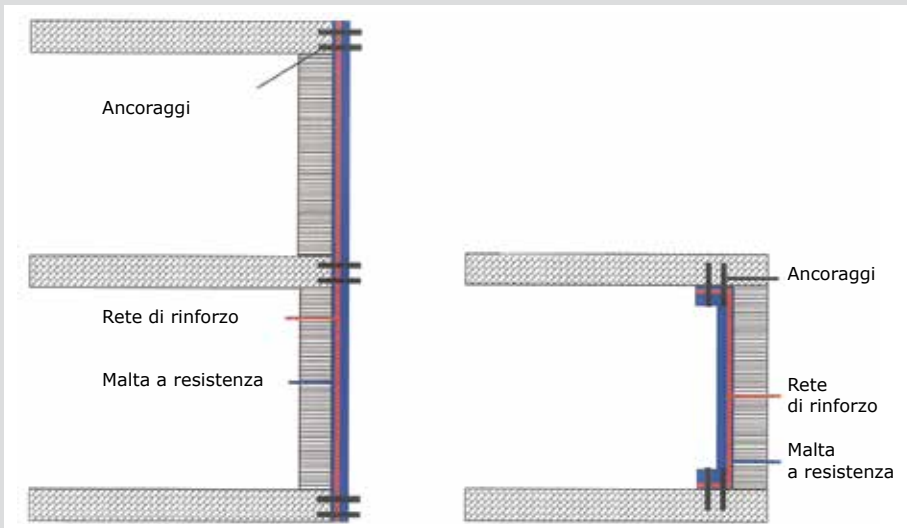
Un'altra importante sperimentazione in scala reale è stata condotta presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Padova e i cui risultati sono stati oggetto di pubblicazione scientifica in campo internazionale.

L'obiettivo della ricerca è stato quello di determinare e confrontare l'efficacia dei sistemi compositi a matrice cementizia FRCM ed SRG rispetto ai classici sistemi FRP, nell'ambito del rinforzo flessionale di elementi strutturali copponi in c.a.p. in scala reale. TT-01 di controllo, TT-02 con Lamelle CFK in carbonio, TT-03 con rete in carbonio C-NET e malte, TT-04 con fibra in acciaio UHTSS STEEL NET e malte. I risultati sperimentali allo SLU sono riportati in tab. 3.



TRAVE	Carico di rottura $C_u$ (kN)	Incremento di $C_u$ (%)	Momento a rottura $M_u$ (kNm)	Incremento di $M_u$ (%)
TT_01	139,987	-	290,857	-
TT_02	189,088	35,08	378,944	30,29
TT_03	169,235	20,89	343,328	18,04
TT_04	173,628	24,03	351,209	20,75

**Tabella 3 Incremento Momento Ultimo  $M_u$ .**



## Istruzioni per l'impiego

Il ciclo applicativo di rinforzo strutturale a mezzo malte e reti in carbonio, vetro AR e basalto richiede una preventiva accurata preparazione del supporto. L'intonaco preesistente deve essere demolito, vanno rimosse eventuali pitturazioni, verniciature, oli, grassi a mezzo bruschinatura, idrolavaggio o idonei e approvati sistemi di irruvidimento superficiali. La superficie dovrà essere ripristinata nelle volumetrie mancanti con malte adeguate in presenza di forti irregolarità, lesioni importanti, cavità. Bagnare accuratamente il fondo fino a saturazione. Questa operazione consente di ridurre la cessione d'acqua da parte della malta evitando la formazione di fessurazioni e una scarsa adesione al fondo. Se necessario stendere un rinzaffo di buona aderenza prima di applicare il ciclo dell'intonaco strutturale armato. Per spessori importanti nell'ambito di strutture voltate e in calcestruzzo può essere applicato uno strato di gunite.

### Sistemi FRCM.

Stendere la malta più idonea al tipo di intervento da realizzare per lo spessore richiesto a mezzo frattazzo metallico, cazzuola, spruzzo. Mediamente da 1 a 2 cm di spessore. Spessori diversi possono essere ottenuti con malte specifiche. Consultare l'ufficio tecnico dell'azienda. Annegare la rete C-NET, G-NET, B-NET nella malta fresca. Quindi applicare un secondo strato di malta a copertura totale della rete avendo l'avvertenza di non attendere il completo indurimento della malta stessa. Per applicazioni di una seconda rete del tipo bidirezionale disposta comunque secondo le indicazioni progettuali, si procede fresco su fresco come nel ciclo precedente. Per i sormonti seguire le indicazioni progettuali, con un minimo comunque di 10 cm. In taluni casi è possibile fissare a secco la rete al supporto esistente a mezzo graffe o connettori, avendo comunque cura di distanziare la rete dal supporto.

In presenza di sistemi di ancoraggio secondo disposizioni progettuali (in media 4 connettori a metro quadro) quali AFIX, BFIX, CFIX, GFIX e GFIX AR, barre fioccate CFK, BFK o altri sistemi approvati, l'inghisaggio ed il collegamento con la rete di rinforzo può essere effettuato con idonei sistemi adesivi o malte speciali. Consultare l'ufficio tecnico dell'azienda.

### Sistemi SRG-CRM

Per quanto riguarda la posa delle reti preformate in vetro GFRP RG-NET BA (CRM) e dei tessuti in acciaio UHTSS STEEL NET G (SRG) si rimanda alle rispettive schede e documentazione tecnica.

La temperatura di applicazione deve essere preferibilmente nell'intervallo +5 +35 °C. Evitare l'applicazione nelle ore calde estive ed in presenza di forte vento o in presenza di superfici gelate. Proteggere la maturazione della malta con idonee protezioni o sistemi di curing in presenza di forte irraggiamento, vento e pioggia.

### Norme generali a cui attenersi in fase applicativa

I risultati prestazionali del rinforzo strutturale sono strettamente legati ad una corretta progettazione, alla rispondenza tecnica dei materiali, alla cura con cui vengono eseguite le fasi di applicazione del ciclo e alla qualità della posa in opera. In particolare dovrà essere posta attenzione ai seguenti aspetti applicativi:

- Seguire attentamente i tempi di applicazione, le temperature e le prescrizioni di progetto;
- Eseguire una corretta preparazione e regolarizzazione del supporto;
- Controllare visivamente la perfetta impregnazione della rete nella malta;
- Evitare affioramenti della rete che possono innescare azioni di peeling locali;
- Smussare angoli o rilevanti asperità preesistenti;
- Controllare la corretta esecuzione degli ancoraggi realizzati.

### Consumi

Sono strettamente correlati alle prescrizioni di progetto, alle condizioni del supporto e al tipo di malta impiegata. Si consigliano eventuali test a piè d'opera.

### Confezioni

Reti C-NET, G-NET, B-NET in rotoli da 50 m, altezza 1 m. Reti preformate in GFRP RG NET BA in rotoli da 100 m, altezza 1,05 m. Tessuti in acciaio STEEL NET G in rotoli in varie dimensioni e altezze.

Malte monocomponenti in sacchi da 25 kg. Malte bicomponenti in sacchi e taniche da 30 kg.

Connettori in cartoni da 10 m. Barre in elementi 3 m.

### Precauzioni

Evitare l'applicazione del sistema al sole diretto, nelle ore calde nel periodo estivo e con venti forti.

Proteggere con idonei sistemi la maturazione della malta in ambienti con forte ventilazione e irraggiamento.

Proteggere dall'acqua piovana e dal gelo.

Per ulteriori informazioni si rimanda alle schede tecniche delle malte e alle relative schede di sicurezza.

### Immagazzinaggio

Le reti C-NET, G-NET, B-NET, RG NET BA, STEEL NET G si conservano al riparo illimitatamente nel tempo.

Le malte si conservano in confezioni originali e sigillate ed in luogo asciutto e riparato per almeno 12 mesi.

## Voce di capitolato

### Tipo di intervento

**Rinforzo delle murature mediante applicazione di intonaci strutturali armati con reti in vetro AR in matrice di malta strutturale in calce idraulica.**

### Specifica tecnica

Fornitura e posa in opera di malta strutturale in calce idraulica tipo LIMECRETE armata con rete in fibra di vetro AR apprettata tipo G-NET 301 BAL bidirezionale per intervento di rinforzo strutturale di paramenti murari, pilastri, volte in muratura con ridotto sovraccarico della struttura ed oneri di cantiere.

Sono da compensarsi a parte la preparazione del supporto, l'eliminazione dell'eventuale intonaco, la messa a nudo della superficie d'applicazione dei rinforzi, il ripristino di parti mancanti con malte idonee, l'adeguata pulizia con idonei e approvati sistemi, l'eventuale applicazione di rinzafo.

Sono inclusi: la depolveratura della superficie tramite bruschino e/o aspirapolvere, la bagnatura a saturazione della superficie.

Stesura della malta tipo LIMECRETE applicata con intonacatrice e a frattazzo metallico per lo spessore richiesto. Annegare nella malta fresca la rete. Stendere una successiva passata di malta a ricoprire completamente la rete.

Particolare attenzione dovrà essere posta ai sormonti sulla base delle disposizioni progettuali, con un valore minimo di 10 cm e ai sistemi di ancoraggio a mezzo connettori GFIX in almeno 4 al m<sup>2</sup> o altri sistemi ove previsti in progetto.

Dati tecnici della rete in vetro AR apprettata tipo G-NET 301 BAL: maglia 34x34 mm, filamento resistenza a trazione >2000 N/mm<sup>2</sup>, modulo elastico 70 GPa, allungamento >3%, resistenza rete a trazione per direzione 60 kN/m, modulo elastico rete 52 GPa.

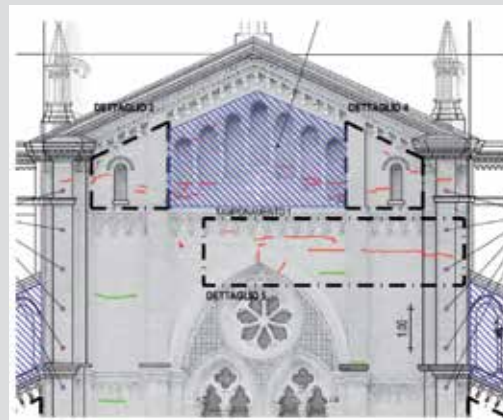
La malta tipo LIMECRETE M15 deve essere conforme alla UNI EN 998-1,2.

E' compreso e compensato nel prezzo tutto quanto occorre per dare le reti collocate in opera a perfetta regola d'arte.

Fornitura e posa in opera per metro quadro di rete in vetro AR apprettata tipo G-NET 301 BAL in matrice inorganica in calce idraulica tipo LIMECRETE M15 € /m<sup>2</sup>



Recupero strutturale Basilica S. Maria in Collemaggio L'Aquila.



Recupero strutturale Duomo di Crevalcore (BO)



**G&P intech** s.r.l - via Retrone 39  
36077 Altavilla Vicentina (VI)  
Tel. 0444.522797 - Fax 0444.349110  
E mail: info@gpintech.com  
www.gpintech.com



**Copyright 2021 – Tutti i diritti sono riservati**

Le indicazioni contenute nel presente documento tecnico rispondono in modo reale e veritiero alle nostre migliori e attuali conoscenze. In funzione dell'attenzione e accuratezza delle diverse fasi di posa in opera sulle quali non abbiamo alcuna responsabilità, possono verificarsi delle variazioni. La nostra garanzia si limita pertanto alla qualità e costanza del prodotto fornito di cui alle indicazioni riportate.

**Rev. FS02/01/21**