



Dipartimento Certificazione e Conformità di Prodotti ed Impianti
Dipartimento Installazioni di Produzione e Insedimenti Antropici

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

email: andrea.tonti@ispesl.it; paoloangelo.bragatto@ispesl.it

Andrea Tonti e Paolo Bragatto

Via Alessandria, 220 – I 00198 Roma,
Via Fontana Candida, 1 – I 00040 Monte Porzio (RM)
Tel. +390697892435, +390697896158

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro

Genova 29-30 Novembre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- **La sicurezza attraverso i criteri e le regole**
- **La gestione delle regole con sistemi CAD di ultima generazione**
- **L'applicazione dimostrativa CATIA-VSR**
- **Dall'applicazione dimostrativa ai controlli di sicurezza**
- **Risultati**

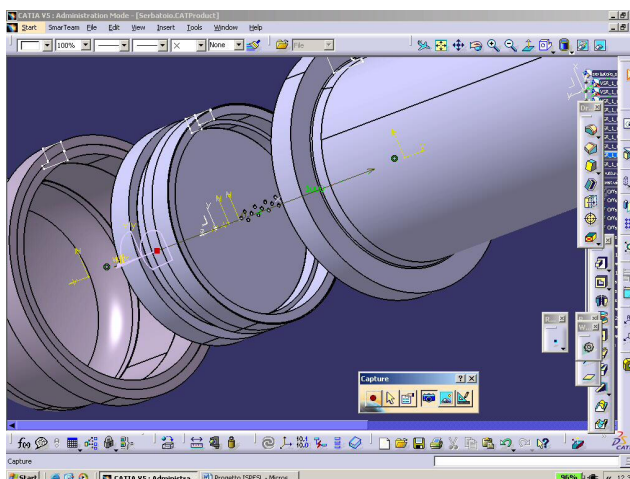
Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- **La sicurezza attraverso i criteri e le regole**
 - Decreto Ministeriale n.190/1998
 - Raccolta VSR ed. 1995
 - Raccolta VSG ed. 1995
 - Errata corrige 2003
 - Emendamenti PED (Raccomandazioni CTI)

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

VSR.1.D Fasciami cilindrici sottoposti a pressione	VSR.1.K Aperture e tronconi	Regola VSR.1.K.5: Distanza minima di una apertura rispetto alla parete principale	Regola VSR.1.L.3: Pareti piane e fondi piani circolari non rinforzati, con aperture
VSR.1.E Fondi curvi	VSR.1.K.3 Fasciami cilindrici	2.1. In caso di raccordo del fasciame conico con un anello cilindrico coassiale per la base maggiore, la distanza x presa come illustrata in figura 1.L.2.7, deve soddisfare la seguente condizione:	2.1. Per fondi piani collegati al fasciame mediante saldatura (vedi soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.1 a 1.L.2.7):
VSR.1.E.2 Fondi curvi pieni sottoposti a pressione	VSR.1.K.4 Fasciami cilindrici	2.1. $x \geq 0,26 \sqrt{\frac{D_m \cdot t}{\sigma}}$	2.1.1. $a_0 = C \cdot Y_1 \cdot D \sqrt{\frac{p}{\sigma}}$
VSR.1.E.3 Fondi curvi intermedi sottoposti a pressione	VSR.1.K.5 Distanze minime tra aperture	in cui: D_m : diametro medio del fasciame cilindrico; t : spessore del fasciame conico; σ : ammetto di concessi del corso stesso.	2.1.2. $a_0 = 0,45 \cdot Y_2 \cdot D \sqrt{\frac{p}{\sigma}}$
VSR.1.E.4 Fondi curvi di estremità sottoposti a pressione	VSR.1.L.2 Pareti piane e fondi piani		
VSR.1.E.5 Fondi a calotta sferica sottoposti a pressione	VSR.1.L.3 Pareti piane e fondi piani		
VSR.1.E.6 Fondi a calotta sferica sottoposti a pressione	VSR.1.L.4 Pareti piane e fondi piani		
VSR.1.F Fondi conici e riduzioni di sezione	VSR.1.L.5 Pareti piane e fondi piani rinforzati		
VSR.1.G Corpi sferici sottoposti a pressione	VSR.1.M Tubi		
VSR.1.H Membrane sottoposte a pressione	VSR.1.N Piastre tubiere di giunzione	2.1. Per fondi piani collegati al fasciame mediante saldatura (vedi soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.1 a 1.L.2.7):	
VSR.1.H.2 Fasciami cilindrici sottoposti a pressione	VSR.1.P Compensatori di lunghezza	2.1.1. $a_0 = C \cdot Y_1 \cdot D \sqrt{\frac{p}{\sigma}}$	
VSR.1.H.3 Anelli di irrigidimento interni	VSR.1.Q Canali saldati sulle pareti	2.1.2. $a_0 = 0,45 \cdot Y_2 \cdot D \sqrt{\frac{p}{\sigma}}$	
VSR.1.H.4 Corpi sferici sottoposti a pressione	VSR.1.R Bulloni tarantati e viti		
VSR.1.H.5 Fondi curvi sottoposti a pressione	VSR.1.S Collettori quadrati	2.1. Per fondi piani collegati al fasciame mediante saldatura (vedi soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.1 a 1.L.2.7):	
VSR.1.H.6 Fondi conici sottoposti a pressione	VSR.1.T Vasi di espansione		
VSR.1.H.7 Aperture nelle pareti sottoposte a pressione	VSR.1.U Giunti flangiati	2.1. Per fondi piani collegati al fasciame mediante saldatura (vedi soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.1 a 1.L.2.7):	

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

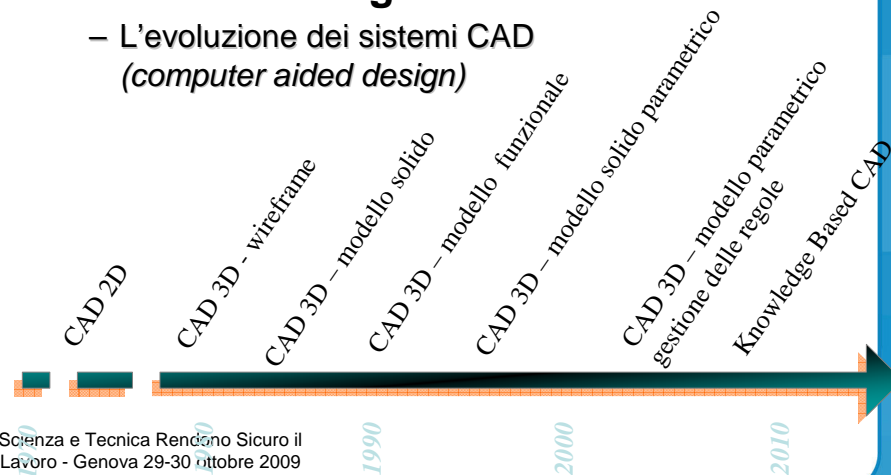
- Impianti ad alto rischio (decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334)
 - iter facilitato: raccolte normative rigorosamente codificate
 - DPCM 31/03/89 sui criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza
 - Linee guida per la valutazione delle relazioni sulla sicurezza, previsto dalla "direttiva Seveso II", includono raccomandazioni per l'adozione di norme appropriate e di codici di condotta

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- La gestione delle regole con sistemi CAD di ultima generazione

- L'evoluzione dei sistemi CAD (*computer aided design*)



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- Con i KB-CAD, le regole di disegno non vengono definite una volta per tutte ed inserite dentro il programma CAD, ma restano esterne.
- Il programma CAD va a "leggersi" le regole in un **data base esterno**, che viene costruito dallo stesso utilizzatore.
- Il data base delle "regole" contiene: norme cogenti, standard riconosciuti, convenzioni aziendali, regole implicite derivanti dall'esperienza del gruppo di lavoro.
- Le regole si riferiscono a parti 3D o sezioni ricavate da parti 3D.

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- Sperimentazione dei KB-CAD per apparecchi in pressione, per i quali esistono corpi di regole tecniche nazionali molto dettagliate.
- Raccolta ISPEL-VSR (Verifica di Stabilità dei Recipienti in pressione), adottate con il DM del 21 novembre 1972 e riviste nel 1995.
- La Direttiva PED richiede che il progetto faccia uso di codici riconosciuti adeguati per incorporare consistenti margini di sicurezza contro tutti i possibili mal-funzionamenti delle apparecchiature.
- *Armonizzazione VSR - PED*

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- **L'APPLICAZIONE DIMOSTRATIVA CATIA-VSR**

Obiettivi

- ✓ **disegnare** componenti rispondenti alle formule contenute nella raccolta ISPEL-VSR;
- ✓ **verificare** la rispondenza alle norme di cui alla raccolta ISPEL-VSR su progetti di recipienti sviluppati con sistemi CAD meno sofisticati

Strumenti

Sono stati utilizzati esclusivamente gli strumenti di personalizzazione normalmente a disposizione degli utilizzatori del prodotto CATIA V5®. In particolare, si è utilizzato il modulo "knowledgeware", per definire e verificare le regole di disegno delle parti.

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- **Dall'applicazione dimostrativa ai controlli di sicurezza**
 - sviluppo completo del prodotto è di interesse sia per il controllo degli stabilimenti soggetti al D.Lgs. 334/99, che per le attività di controllo sulle attrezzature in pressione
 - rappresentazioni tridimensionali delle varie membrature, allineata con la base dati dell'applicazione VSR
 - riceve in input i parametri costruttivi delle singole membrature, attenendosi al form tradizionale

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- CATIA© per generare per ogni membratura una “parte” 3D.
- membrature vengono assemblate come parti distinte
- Per apertura e tronchetti applicati a fasciami e fondi, modellazione digitale del CATIA© (unione, intersezione, estrusione ecc.)
- Rispondenza automatica alle regole precedentemente definite dall'utente.
- incongruenze in parti progettate automaticamente segnalate (regole parte integrante del modello stesso).

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- CATIA V5 genera un assieme contenente tutte le membrature definite,
- operatore solo competenze necessarie a muovere gli oggetti sullo schermo, assoggettarli a vincoli di posizione relativa, ad applicare nelle posizioni corrette gli eventuali tronchetti e/o accessori
- alcuni pannelli per immissione dei materiali e relative caratteristiche fisiche, richieste dal capitolo VSR 0

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- membratura può essere assimilata ad una Classe.
- Classe pienamente definita in termini di forma (statici) da attributi di tipo geometrico;
- in termini comportamentali (esercizio e/o prova) da attributi che descrivono i parametri fisici sia dei contenuti (fluidi), che del contenitore

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009



La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- esempio, fondo paraellittico
 - gli attributi geometrici rappresentati da: diametro, spessore, altezza del colletto, raggio del fondo, raggio del raccordo al colletto;
 - attributi del contenuto: condizioni fisiche in cui esso opera, pressioni, temperature, aggressività, ecc. ;
 - attributi del contenitore relativi al materiale di cui è composto, nelle condizioni imposte dal fluido e dal processo.
- al variare di uno qualsiasi dei parametri, secondo le relazioni stabilite, si ottiene una istanza della Classe, che poi è l'oggetto da verificare.

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

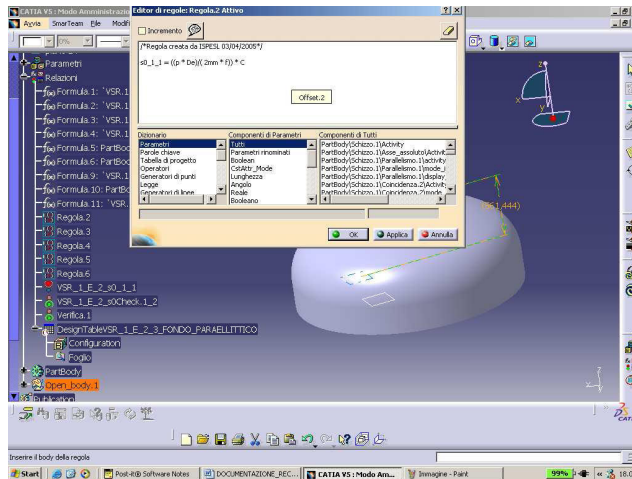


La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- *Caratteristiche tecniche di dettaglio*
 - Applicazione “Recipienti in Pressione.exe” realizzata in VB
 - Applicazione realizzata in VB che, su Computer dotati di CATIA, permette di ristrutturare un elenco di membrature, di trasferire le tabelle di progetto, lanciare CATIA V5.
 - programma “progetto_v2.exe” può essere richiamato autonomamente

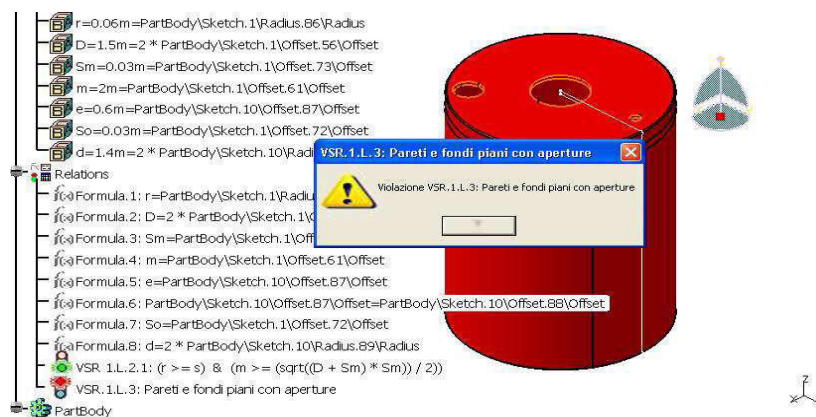
Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnologia del Meccanismo - CATIA V5 Esempio di fondo disegnato secondo una regola VSR
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnologia del Meccanismo - Violazione di una regola VSR segnalata con semaforo rosso
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

The screenshot shows the 'Recipienti in Pressione' software interface. The main window is titled 'Recipienti in Pressione' and contains a form for entering general data. The form is organized into several sections:

- Denuncia di:** dropdown menu set to 'di apparecchio a pressione'.
- Città:** input field with 'MILANO'.
- Sede:** input field with 'gelo'.
- Sede Periferica:** input field with 'gelo'.
- Tipo e Sigla dell'apparecchio:** input field with 'REC_123'.
- Norma VSR:** dropdown menu with 'VSR01'.
- N. del disegno:** input field with '123456'.
- Progettista:** input field with 'bragatto'.
- N. Pratica:** input field with '13'.
- Revisione:** input field with '0'.
- Data Progetto:** dropdown menu with '07/04/2008'.

Below the form, there is a large blue area with the ISPEL logo and the text 'Recipienti in Pressione'. The interface also includes a sidebar with navigation options like 'Schema di Dichiarazione', 'Dati Generali', 'Distribuzione Materiali / Membrane', and 'Saldature'.

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

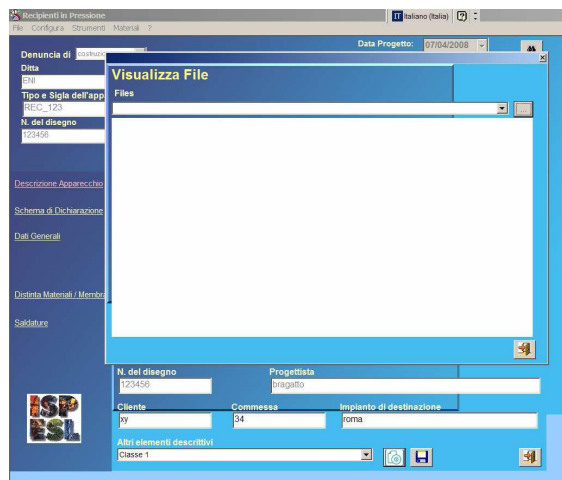
The screenshot shows the 'Recipienti in Pressione' software interface with the 'Descrizione Apparecchio' section expanded. This section contains detailed technical specifications for the pressure vessel:

- L'apparecchio verrà costruito presso:** input field with 'gelo'.
- N. Fabbrica:** input field with 'X24'.
- di:** input field with '0'.
- Tipo e Sigla dell'apparecchio:** input field with 'REC_123'.
- Pressione:** input field with '1200'.
- Unità di Misura:** dropdown menu with 'Pascali'.
- Temperatura:** input field with '500'.
- Unità di Misura:** dropdown menu with 'Gradi C'.
- Capacità o Potenza:** input field with '1200'.
- Unità di Misura:** dropdown menu with 'Lbs'.
- Fluidi:** dropdown menu with 'acqua'.
- Stato fisico del Fluido:** radio buttons for 'Gas', 'Vapore d'acqua', and 'Liquido'.
- N. del disegno:** input field with '123456'.
- Progettista:** input field with 'bragatto'.
- Città:** input field with '19'.
- Commissa:** input field with '34'.
- Impianto di destinazione:** input field with 'roma'.

The interface also includes a sidebar with navigation options like 'Schema di Dichiarazione', 'Dati Generali', 'Distribuzione Materiali / Membrane', and 'Saldature'.

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

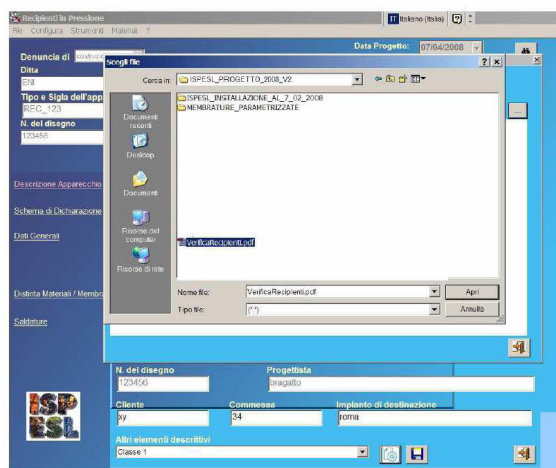
La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendonno Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

Apertura file di riferimento

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendonno Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

	Valori di Progetto	Teoria di Calcolo Italiana/Estere	Conclusioni
a) Pressione interna	100		
b) Pressione esterna			
c) Temperature			
d) Carico idrostatico massimo del fluido contenuto in condizioni di esercizio			
e) Peso dell'apparecchio e del suo contenuto			

La documentazione per le condizioni di calcolo da d) a g) sono disponibili presso la Ditta
cd

Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009 Immissione parametri operativi

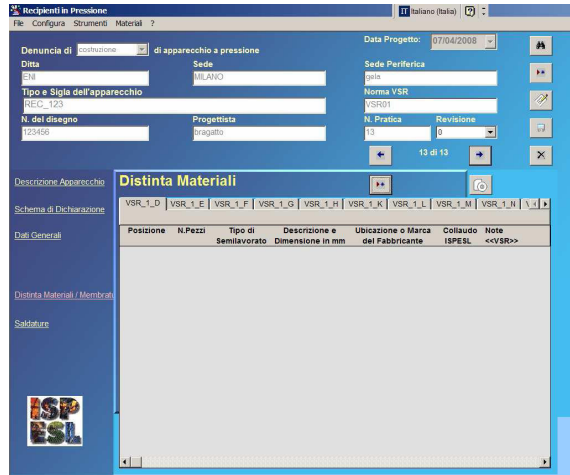
La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

Revisione	Data	Descrizione	Visibile
0	07/04/2008		Ko

Parametri e Regole
DesignTable/VSL_0_E_FL_1
Acciai non legati, debolmente legati, e legati al 1% fino al 3,5%

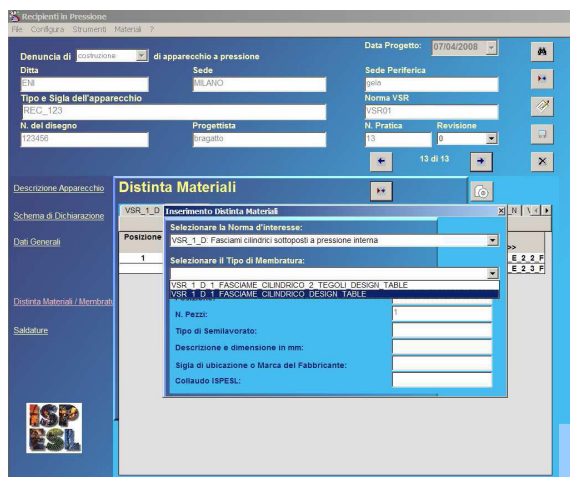
Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendonò Sicurezza della materiali distinta per membrane
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

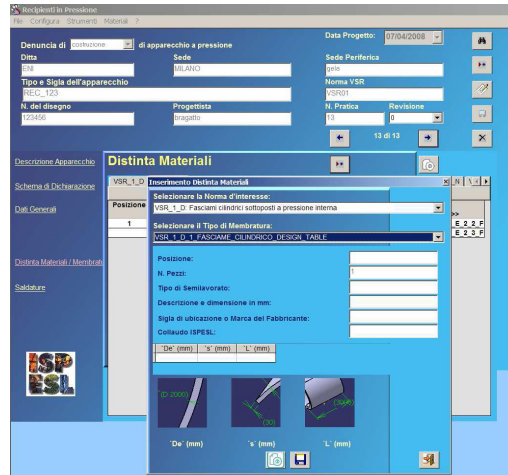
La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendonò Sicuro il
Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

Immissione parametri geometrici

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

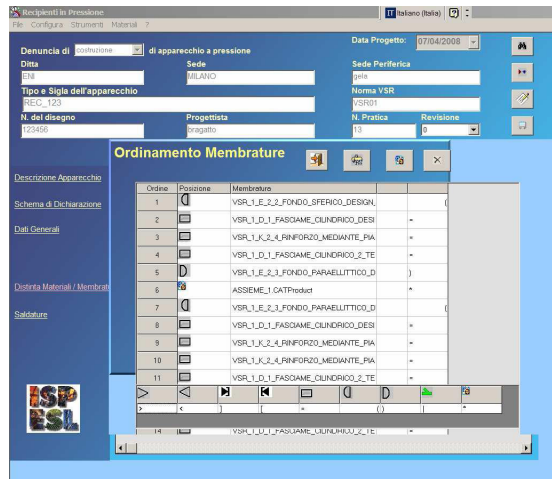
La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

'D0' (mm)	'l' (mm)	's' (mm)	'sp' (mm)	'd' (mm)	'declinazio'	'posizione' (mm)
2000	48	10	15	300	0	0
1000	48	10	15	150	0	0
1000	48	10	15	100	0	0
1000	48	10	15	200	0	0
1000	48	10	15	45	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	'D0' (mm)	'l' (mm)	's' (mm)	'sp' (mm)	'd' (mm)	'declinazio'	'posizione' (mm)						
1	2000	48	10	15	300	0	0						
2	1000	48	10	15	150	0	0						
3	1000	48	10	15	100	0	0						
4	1000	48	10	15	200	0	0						
5	1000	48	10	15	45	0	0						
6													
7													

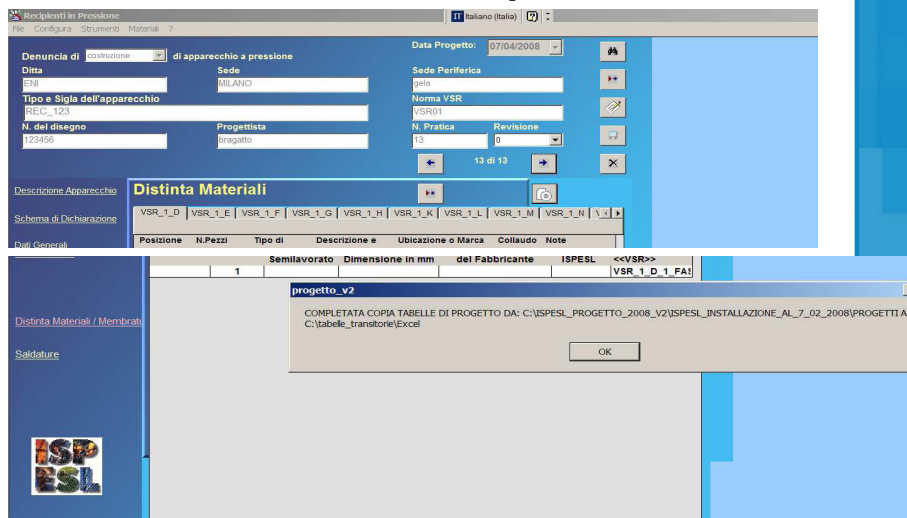
Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



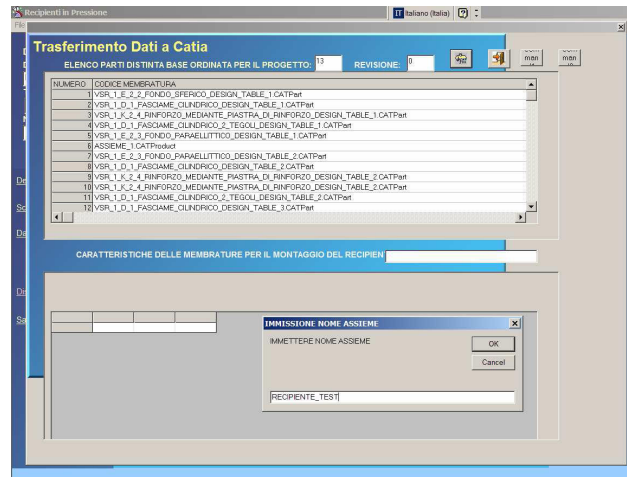
Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



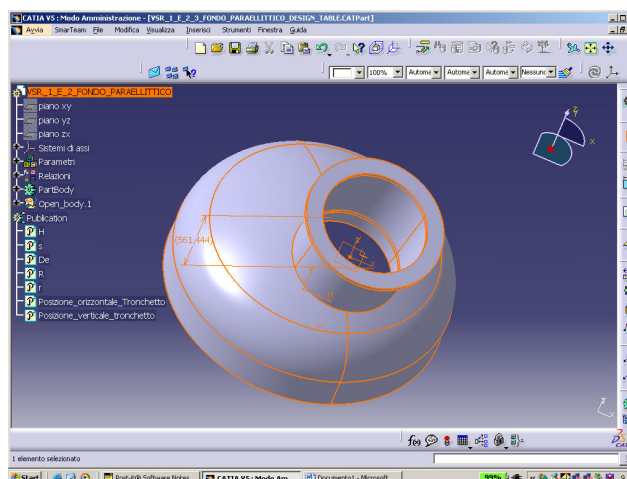
Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione



Scienza e Tecnica Rendono Sicuro il Lavoro - Genova 29-30 ottobre 2009

La rappresentazione digitale parametrica di attrezzature a pressione

- Risultati
 - L'interfaccia utente ricalca quella dei form già utilizzati per la procedura cartacea.
 - Catia, con le sue possibilità di calcolo resta come in un "black box".
 - Certificatore non deve imparare strumenti difficili, ma ha solo i vantaggi di una rappresentazione più potente delle parti.

Conclusioni

- Con questa ricerca si è cercato di creare un ponte fra due mondi in apparenza abbastanza distanti:
 - quello della ricerca nell'ambito Information Technology sulla rappresentazione digitale degli oggetti ed in particolare di parti meccaniche
 - quello dell'attività di controllo relativa alla verifica di stabilità delle attrezzature a pressione.
- Passi successivi dalla prima dimostrazione di fattibilità alla concreta applicazione operativa possono essere considerati un esempio incoraggiante di trasferimento dei risultati fra ricerca ed enti di controllo.