



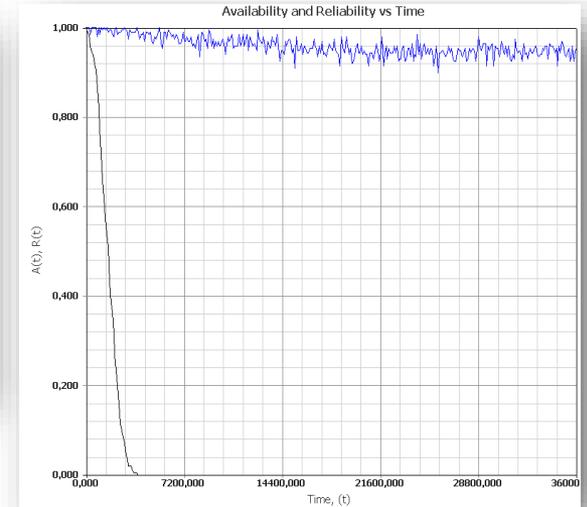
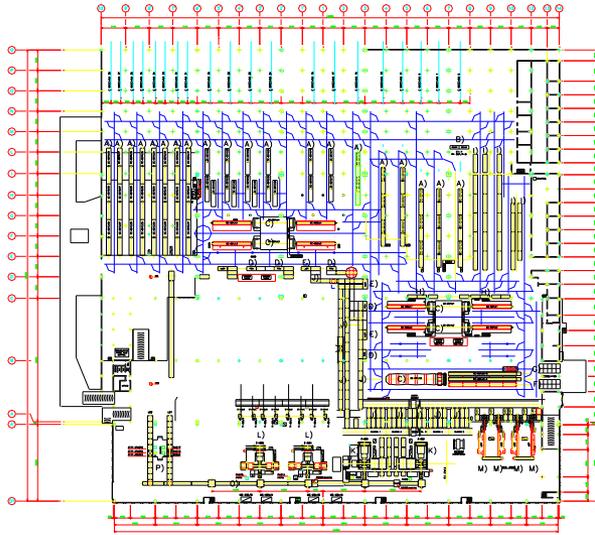
***TRASMISSIONE E ANALISI DEI DATI NELLA  
FABBRICA DEL FUTURO: RISCHI E OPPORTUNITÀ  
NELLA MANUTENZIONE DI SISTEMI COMPLESSI***

***Alberto REGATTIERI***

***Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Università di Bologna***

***Bologna, 14.03.17***

# LA MANUTENZIONE NEI SISTEMI DI PRODUZIONE\_1



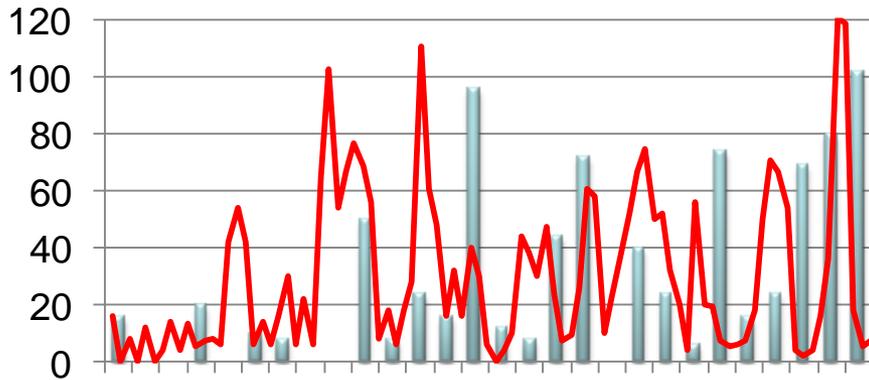
VALORE ORARIO DELLA PRODUZIONE (media anno XX)  
OPENING TIME (media anno XX)  
DISPONIBILITA' MEDIA DELLA LINEA\* (anno XX)  
DOWNTIME (per ragioni manutentive - anno XX)  
RICAVO PERSO (PER RAGIONI MANUTENTIVE)  
ORE DI MdO MANUTENTIVE EROGATE (anno XX)  
SPESE PER PARTI DI RICAMBIO (anno XX)  
GIACENZA MEDIA RICAMBI (DEDICATI DI LINEA)

21.345 €/h  
4957 h/a  
0.9752  
123 h/a  
~ 2.6 M€/a  
17.256 h/a  
~ 234.000 €/a  
~ 455.000 €

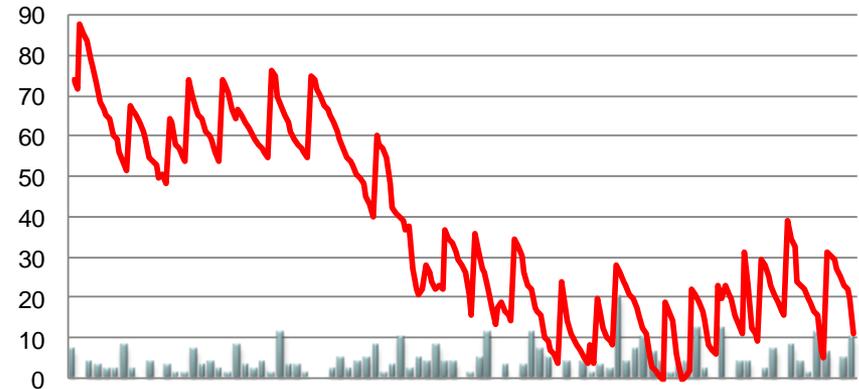
\* per ragioni manutentive (guasti, int. preventive, ispezioni e controlli sicirezza)

# LA MANUTENZIONE NEI SISTEMI DI PRODUZIONE\_2

00207525\_Pistoncino



05551950\_Elettrovalvola



VALORE ORARIO DELLA PRODUZIONE (media anno XX)

21.345 €/h

OPENING TIME (media anno XX)

4957 h/a

DISPONIBILITA' MEDIA DELLA LINEA\* (anno XX)

0.9752

DOWNTIME (per ragioni manutentive - anno XX)

123 h/a

RICAVO PERSO (PER RAGIONI MANUTENTIVE)

~ 2.6 M€/a

ORE DI MdO MANUTENTIVE EROGATE (anno XX)

17.256 h/a

**SPESE PER PARTI DI RICAMBIO (anno XX)**

**~ 234.000 €/a**

**GIACENZA MEDIA RICAMBI (DEDICATI DI LINEA)**

**~ 455.000 €**

\* per ragioni manutentive (guasti, int. preventive, ispezioni e controlli sicurezza)

# EVOLUZIONE DELLA MANUTENZIONE



**REACTIVE**  
RIPARARE DOPO IL GUASTO

**PLANNED/SCHEDULED**  
INTERVENIRE PRIMA DEL GUASTO  
(SU BASE STATISTICA)

**CONDITION BASED**  
INTERVENIRE QUANDO SERVE,  
PRIMA DEL GUASTO  
(SU STIMA DELLE CONDIZIONI)

**WORLD CLASS  
(ASSET OPTIMIZATION)**  
INTERVENIRE QUANDO SERVE,  
PRIMA DEL GUASTO  
(SU STIMA DELLE CONDIZIONI)  
PER IL MIGLIORAMENTO CONTINUO

# CONDITION MONITORING



**DISCONTINUOUS  
CONDITION  
MONITORING**



**CONTINUOUS  
CONDITION  
MONITORING**

**«DEFINIZIONE E  
REGOLAZIONE» DELLA  
POLITICA PREVENTIVA**



# DISCONTINUOS CONDITION MONITORING

ANALISI TERMOGRAFICA  
QUADRO ELETTRICO



## Report condition monitoring

File:  
IV\_00313.BMT

Data:  
03/07/2015

Ora di misurazione:  
15:22:24



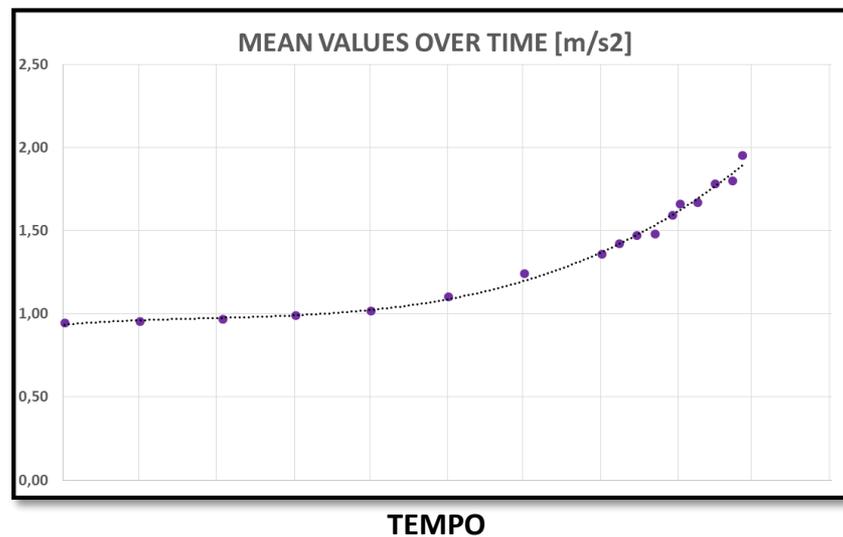
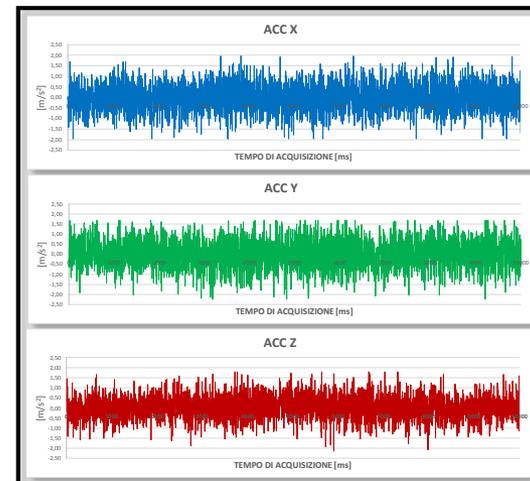
**GUASTO INCIPIENTE**



**SOSTITUZIONE PREVENTIVA  
(↓ COSTI, ↓ RISCHI)**

# CONTINUOS CONDITION MONITORING

*ANALISI VIBRAZIONALE  
SISTEMA DI PRODUZIONE PASTA FRESCA  
MOTORIDUTTORE TRAINO PRINCIPALE*



# CONTINUOUS CONDITION MONITORING: OPPORTUNITA' E QUESTIONI APERTE\_1

## OPPORTUNITA'

↑ **DISPONIBILITA' DEGLI IMPIANTI**

↓ **TOTAL COST OF OWNERSHIP BENI  
STRUMENTALI**

**MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA'  
DELLA PROGETTAZIONE SISTEMI  
COMPLESSI**

**POSSIBILE AREA DI BUSINESS NELLA  
ING. DI MANUTENZIONE**

(APPLICAZIONE DI TECNICHE DI **RAM ANALYSIS**,  
OTTIMIZZAZIONE POLITICHE MANUTENTIVE,  
PREVISIONE RICAMBI, etc.)

**OPPORTUNITA' PER ENTRAMBI**



System Overview	Without CM	WITH CM
<b>General</b>		
Mean Availability (All Events):	0,954921	0,962644
Std Deviation (Mean Availability):	0,003412	0,004503
Expected Number of Failures:	1.450,39	843,22
Std Deviation (Number of Failures):	29,705429	30,544091
MTTFF (Hr):	26,230163	39,442704
MTBF (Total Time) (Hr):	27,57877	52,721817
MTBF (Uptime) (Hr):	26,335554	41,250498
<b>System Uptime/Downtime</b>		
Uptime (Hr):	38.196,85	38.201,42
CM Downtime (Hr):	1.803,15	1.494,24
Inspection Downtime (Hr):	0	0
PM Downtime (Hr):	0	304,33
Total Downtime (Hr):	1.803,15	1.798,58
<b>System Downing Events</b>		
Number of Failures:	1.450,39	843,22
Number of CMs:	1.450,39	843,22
Number of Inspections:	0	0
Number of PMs:	0	410,81
Total Events:	1.450,39	1254,03
Spare parts costs	231.014,11	243.578,14
Total Costs:	€ 1.093.419,52	€ 922.745,47

AVAILABILITY: 95,49% → 96,26%

TOTAL COST: - 15.6%

# CONTINUOUS CONDITION MONITORING: OPPORTUNITA' E QUESTIONI APERTE\_1

## QUESTIONI APERTE



**MIX** DI SEGNALI

(NB CONDIZIONI AL CONTORNO - DATO «A TERRA»)



DETERMINAZIONE DEL LEGAME FRA SEGNALE DEBOLE E STATO  
AFFIDABILISTICO DEL COMPONENTE/SISTEMA

QUALE/I GRANDEZZE MISURO?

QUAL E' IL LEGAME FRA GRANDEZZA/E E VITA RESIDUA?

ON CONDITION CON/SENZA INFO DA STATI PERTURBATI NOTI!?!?



COSTRUZIONE DELLA CORRETTA CATENA DI MISURA E STORAGE DEI DATI  
RACCOLTI

QUALE SENSORE/I? HA EFFETTO SUL PROCESSO?

DOVE LO/I COLLOCO? C'E' LO SPAZIO NECESSARIO?

CATENA DI MISURA\_ACQUISIZIONE?

PARAMETRI DI SAMPLING E CAPACITA' DI STORAGE DATI RACCOLTI

DISPONIBILITA' DATI CLIENTE/FORNITORE?!?

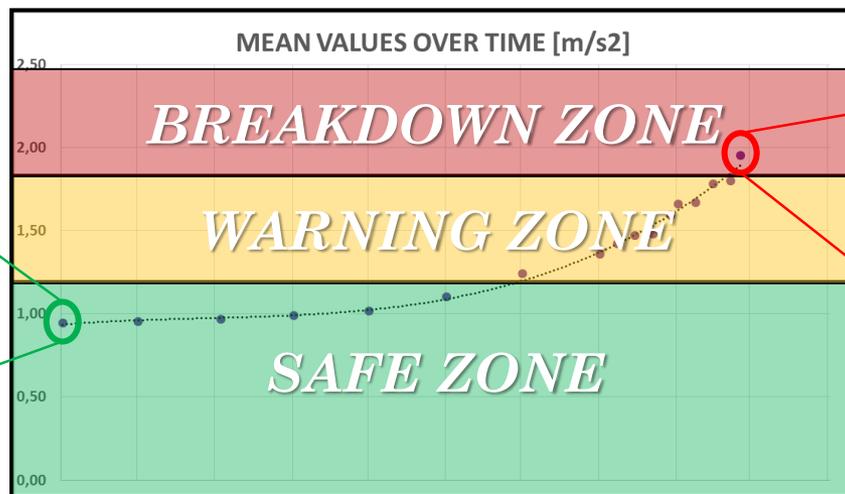
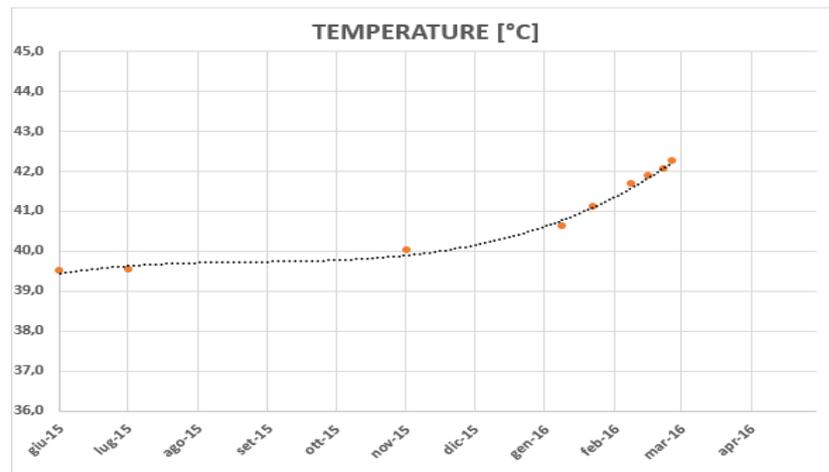


***I primi segnali da utilizzare (a basso costo) sono quelli necessari per il controllo del processo tecnologiche delle macchine (automazione), spesso presenti e trascurati (posizioni, velocità, correnti, etc)***



# CONTINUOS CONDITION MONITORING\_ESEMPIO

ANALISI VIBRAZIONALE  
SISTEMA DI PRODUZIONE PASTA FRESCA  
MOTORIDUTTORE TRAINO PRINCIPALE



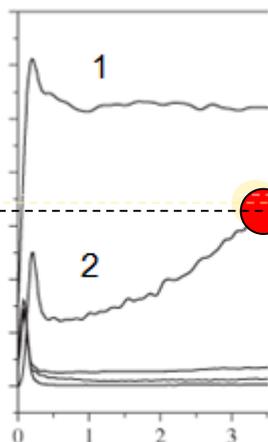
# CONTINUOS CONDITION MONITORING\_ESEMPIO



Plywood  
production system  
Peeling line  
Logs insert system



Continuous monitoring  
Temperatura batteria di raffreddamento olio(2)



ALERT LEVEL

↓  
Ispezione (pulizia)  
e regolazione



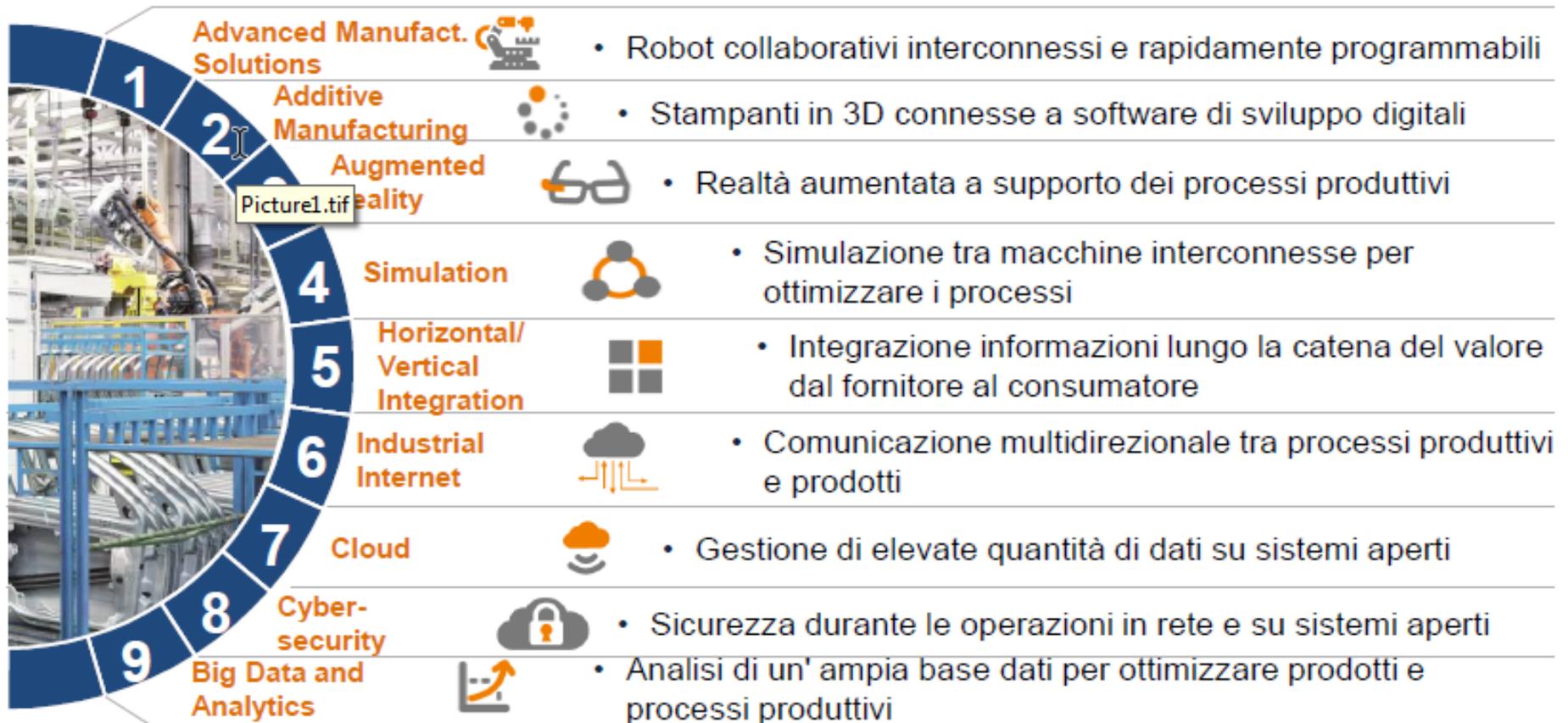
peraltro ci sono anche casi di  
difficoltà/insuccesso

PRIMA:  
4.3 failure /year (media)  
42.7 hs perse/anno

DOPO:  
0 failure/year  
6.1 int preventivi/anno (media)  
(6x30 min di mancata produzione)

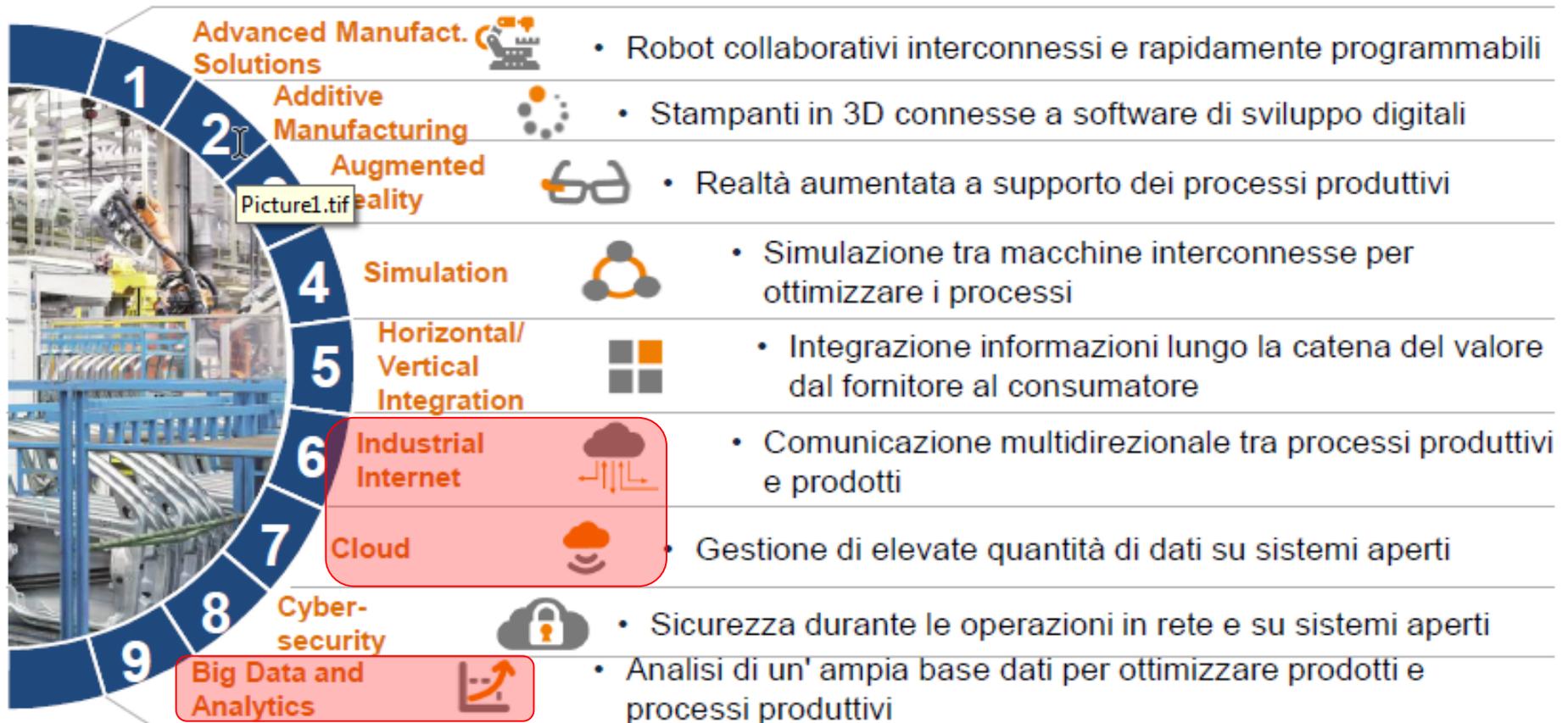
# IL CONTESTO «INDUSTRY 4.0»

## LE TECNOLOGIE ABILITANTI



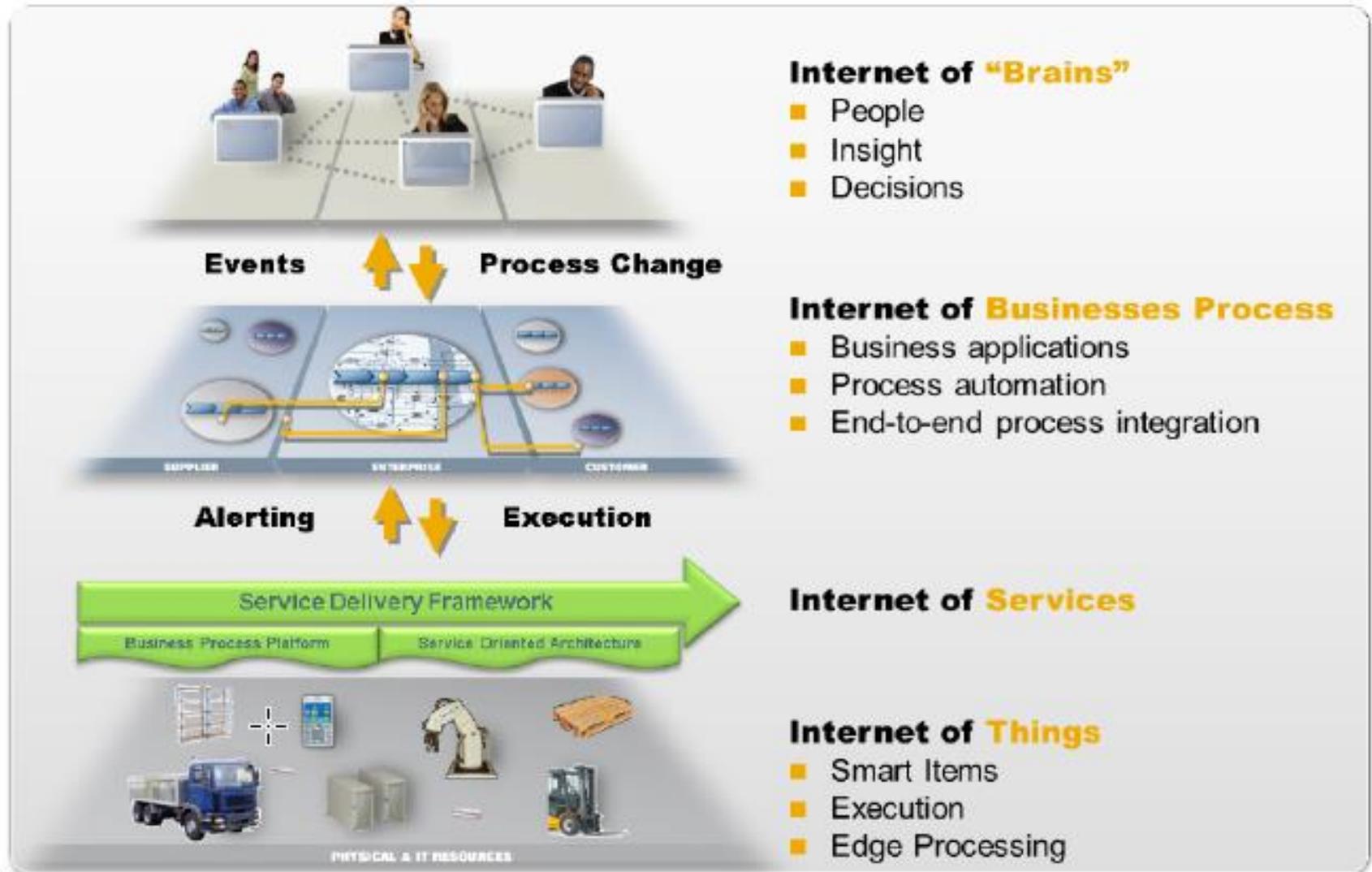
# IL CONTESTO «INDUSTRY 4.0»

## LE TECNOLOGIE ABILITANTI



INTERSEZIONE CON IL CONDITION MONITORING DEI SISTEMI COMPLESSI

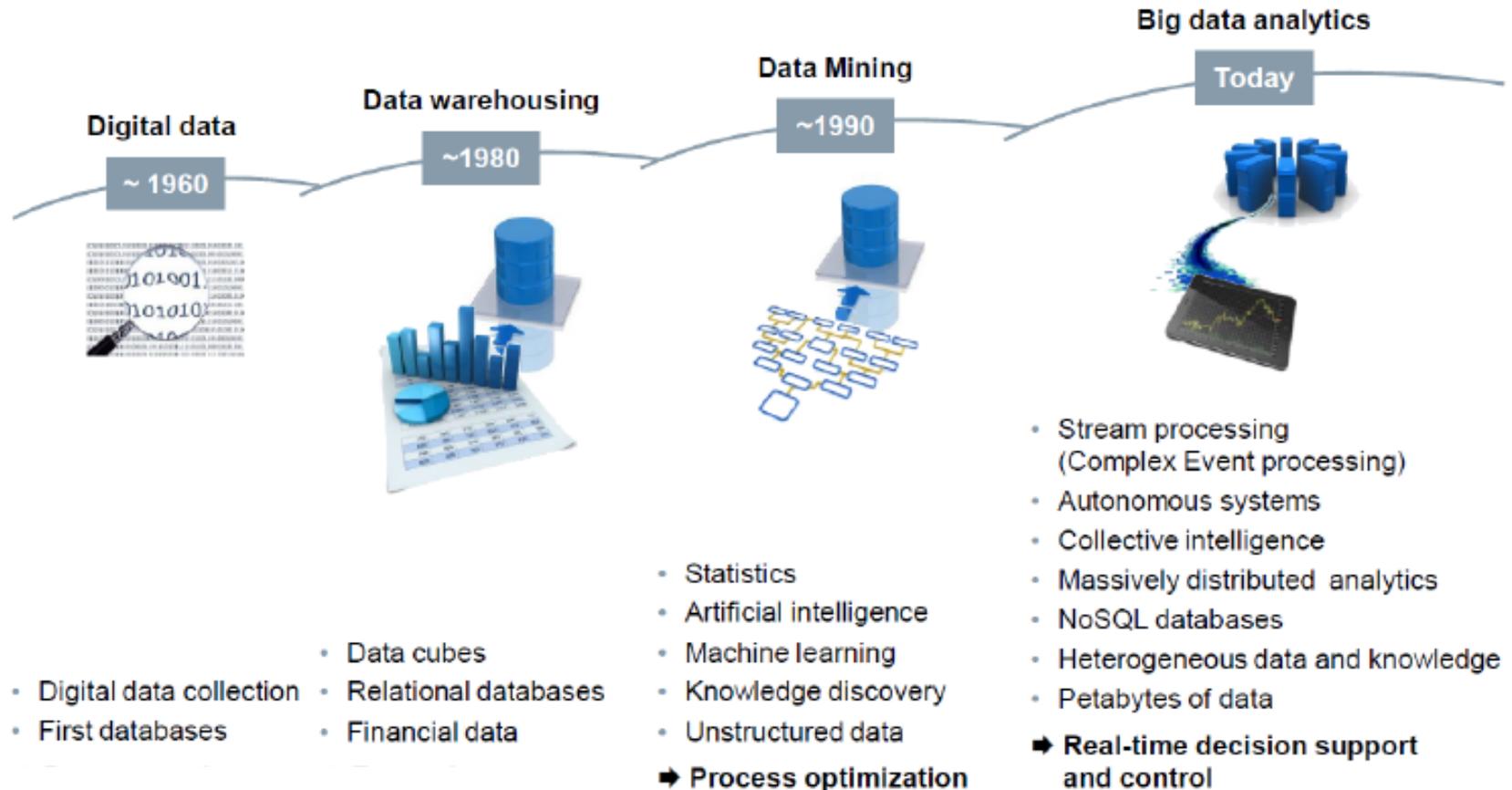
# LA FABBRICA «INTERCONNESSA»



Stamatis Karnouskos  
Cyber-Physical Systems in manufacturing and production workshop  
Brussels 30th October 2013

# BIG DATA ANALYTICS

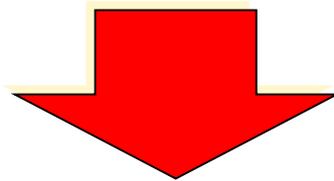
Innovation waves lifting Business Intelligence / Data Analytics



Thomas Runkler  
The role of Cyber-Physical Systems (CPS) for manufacturing  
Manufacturing and production workshop – Brussels – October 2014

# INDUSTRY 4.0 vs CONDITION MONITORING

L'INTRODUZIONE DEL PIANO INDUSTRY 4.0 **PUO'** ESSERE  
UN **ACCELERATORE** DELLO SVILUPPO DELLE  
STRATEGIE DI MONITORAGGIO E MANTENIMENTO SU  
CONDIZIONE DEI SISTEMI DI PRODUZIONE



AMPLIFICATORE DI  
**OPPORTUNITA'** E  
**QUESTIONI APERTE**

# QUESTIONI APERTE\_1



DETERMINAZIONE DEL LEGAME FRA SEGNALE DEBOLE E STATO AFFIDABILISTICO DEL COMPONENTE/SISTEMA

QUALE/I GRANDEZZE MISURO?

QUAL E' IL LEGAME FRA GRANDEZZA/E E VITA RESIDUA?

ON CONDITION CON/SENZA INFO DA STATI PERTURBATI NOTI!?!?



COSTRUZIONE DELLA CORRETTA CATENA DI MISURA E STORAGE DEI DATI RACCOLTI

QUALE SENSORE/I? HA EFFETTO SUL PROCESSO?

DOVE LO/I COLLOCO? C'E' LO SPAZIO NECESSARIO?

CATENA DI MISURA\_ACQUISIZIONE?

PARAMETRI DI SAMPLING E CAPACITA' DI STORAGE DATI RACCOLTI

DISPONIBILITA' DATI CLIENTE/FORNITORE?!?



CATENE DI MISURA PIU' PERFORMANTI  
ENORME MOLE DI DATI DISPONIBILI





# QUESTIONI APERTE\_3



**COSTRUZIONE DELLA CORRETTA CATENA DI MISURA E STORAGE DEI DATI RACCOLTI**  
QUALE SENSORE/I? HA EFFETTO SUL PROCESSO?  
DOVE LO/I COLLOCO? C'E' LO SPAZIO NECESSARIO?  
CATENA DI MISURA\_ACQUISIZIONE?  
PARAMETRI DI SAMPLING E **CAPACITA' DI STORAGE DATI RACCOLTI**  
**DISPONIBILITA' DATI CLIENTE/FORNITORE?!?**

PER SISTEMI COMPLESSI LA **MOLE DI DATI** DA GESTIRE PUO'  
ESSERE DAVVERO IMPEGNATIVA

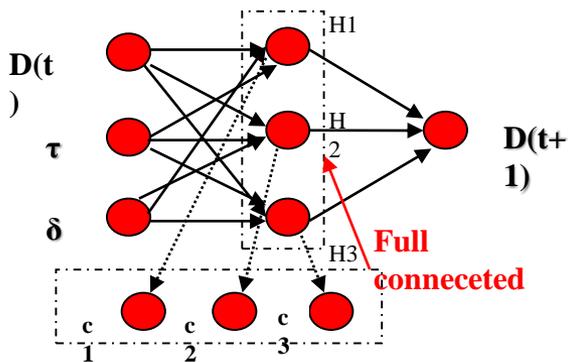
**RISCHIO:** IMPOSSIBILITA' DI GESTIRE I DATI RICHIESTI

SISTEMI DI PRODUZIONE DIVENTANO PIU' **TRASPARENTI** SIA  
INTERNAMENTE SIA ESTERNAMENTE

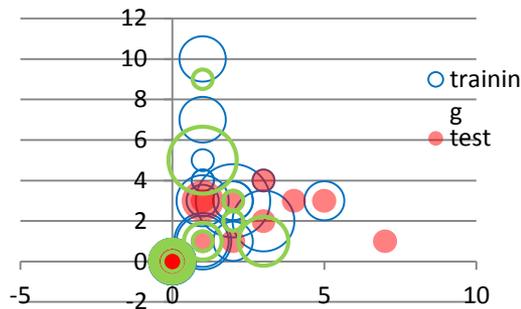
**RISCHIO:** TOLLERABILITA' DI UN NUOVO RAPPORTO  
CLIENTE/FORNITORE (BENE STRUMENTALE)

# ESEMPIO\_1

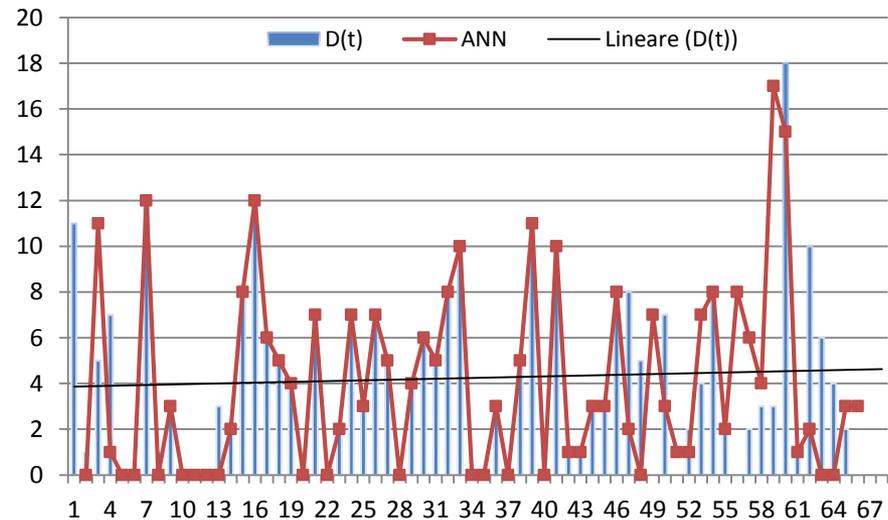
## USO DI **RETI NEURALI** PER LA PREVISIONE DEL CONSUMO DEI RICAMBI DI UNA MACCHINA OPERATRICE



Recurrent Neural Network (RNN)



RISULTATI  
PARTICOLARMENTE  
INTERESSANTI

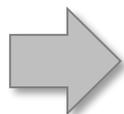
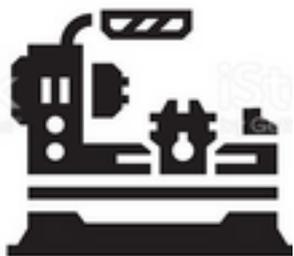


Lolli, F., Gamberini, R., Regattieri, A., Balugani, E., Gatos, T., & Gucci, S. (2017). Single-hidden layer neural networks for forecasting intermittent demand. *International Journal of Production Economics*, 183, 116-128.

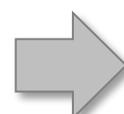


# ESEMPIO\_3

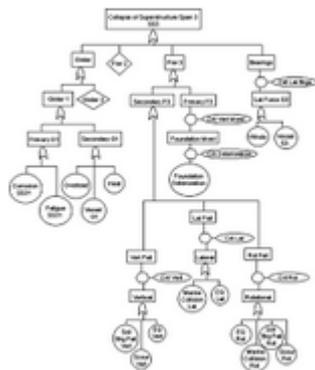
USO DI **ALGORITMI DI MACHINE LEARNING (DATA ANALITICS)** PER LA COMPrensIONE DA REMOTO DELLO STATO AFFIDABILISTICO DI UNA MACCHINA OPERATRICE A PARTIRE DAGLI ALLARMI MACCHINA



Descrizione	Contatto	Condizione	Descrizione	Contatto	Tag	Descrizione
...	...	...	...	...	...	...



COLLEZIONE ON TIME ALLARMI



DIFFICILE COMPrensIONE DEI «GRAPPOLI» DI ALLARMI

**RISULTATI NEGATIVI**

# CONCLUSIONI

*LE RISORSE TECNOLOGICHE OGGI DISPONIBILI (E IN SVILUPPO FUTURO) OFFRONO INTERESSANTI OPPORTUNITA'*

*L'INTRODUZIONE DEL PIANO INDUSTRY 4.0 PUO' ESSERE UN ACCELERATORE DELLO SVILUPPO DELLE STRATEGIE DI MONITORAGGIO E MANTENIMENTO (SU CONDIZIONE) DEI SISTEMI DI PRODUZIONE*

*ESISTE IL RISCHIO CHE IL NUOVO PARADIGMA ESALTI GLI ATTUALI PROBLEMI CONNESSI AL CONDITION MONITORING DEI SISTEMI COMPLESSI*

*DAL PUNTO DI VISTA INGEGNERISTICO, AD OGGI, NON E' PREVEDIBILE UNA RIDUZIONE MOLTO SIGNIFICATIVA DELLA DIFFICOLTA' DI INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI*



***TRASMISSIONE E ANALISI DEI DATI NELLA  
FABBRICA DEL FUTURO: RISCHI E OPPORTUNITÀ  
NELLA MANUTENZIONE DI SISTEMI COMPLESSI***

***Alberto REGATTIERI***

***Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Università di Bologna***

***Bologna, 14.03.17***