

S3 Regione Emilia-Romagna Le Priorità Tecnologiche Regionali

Meccatronica e Motoristica

Nota: Questo è un documento proposto per la consultazione pubblica sulle Priorità Tecnologiche Regionali. Il documento è stato redatto da gruppi di lavoro costituiti da imprese, ricercatori ed altri stakeholders dell'innovazione della regione Emilia Romagna nel periodo aprile-giugno 2013 con l'obiettivo di contribuire alla definizione delle Priorità Tecnologiche Regionali per il periodo di programmazione 2014-2020. Chiunque sia interessato a commentare o integrare questo documento può farlo secondo la procedura predisposta ed accessibile all'indirizzo [S3 - Le priorità tecnologiche regionali](#). La consultazione pubblica sarà aperta fino al 3 agosto 2013

Informazioni possono essere richieste a S3@aster.it

Sommario

Executive summary	3
1 Introduzione	3
2 La metodologia	5
2.1 Il quadro di riferimento	5
2.1.1 Gli obiettivi strategici.....	5
2.1.2 Il sistema economico regionale.....	9
2.1.3 Il sistema della ricerca e del trasferimento tecnologico regionale	9
2.1.4 Altri elementi del sistema regionale.....	9
2.2 Il Sistema	9
2.3 Le traiettorie tecnologiche regionali	11
2.3.1 I driver principali.....	11
2.3.2 Le componenti di sistema e abilitanti.....	12
2.3.3 La composizione dei gruppi di lavoro	14
2.3.4 L'operatività dei gdl.....	15
3 Gli INPUT al PROCESSO S3 per la Meccatronica e Motoristica	16
3.1 Il perimetro di interesse	16
3.2 La posizione del Sistema all'interno dei CTN.....	17
4 Le traiettorie tecnologiche regionali: la Meccatronica e Motoristica	19
4.1 Futuro della progettazione.....	19
4.2 Interazione uomo macchina.....	23
4.3 Manutenzione avanzata	25
4.4 Fabbrica, linee di produzione e macchine intelligenti e adattative	28
4.5 Manufacturing 2.0	31
4.6 Sistemi robotizzati autonomi.....	34
4.7 Miniaturizzazione	37
4.8 Sistemi di trasporto intelligente	40
4.9 Manufacturing sostenibile.....	43
4.10 Sistemi per generazione, stoccaggio e distribuzione energetica	46
4.11 Materiali, ricoprimenti e trattamenti superficiali	49
4.12 Veicoli a basso impatto ambientale	53
4.13 Tavole di correlazione.....	55
5 Gruppo di lavoro	58
6 Conclusioni e raccomandazioni	59

Executive summary

1 Introduzione

Nel quadro della predisposizione della sua Strategia per la Specializzazione Intelligente (S3 – Smart Specialization Strategy), la Regione Emilia-Romagna ha applicato la metodologia prevista¹ al proprio territorio identificando alcune aree di interesse prioritario. Esse si riconducono essenzialmente a due tipologie:

- aree di interesse per la loro attuale importanza economica e sociale:
- aree che presentano un elevato potenziale di crescita e possono dunque costituire, in prospettiva, sbocchi di interesse sia in termini economici, grazie a nuovi e promettenti mercati, che sociali con creazione di posti di lavoro su segmenti di popolazione attiva che si trova in situazioni critiche.

Per queste aree di applicazione, e nel contesto territoriale di riferimento, è ora necessario individuare priorità di intervento che possano indirizzare o accompagnare lo sviluppo economico e sociale.

Nella successiva fase di definizione del policy mix dovranno essere identificate le misure strategiche in grado di affrontare le priorità. Tali misure dovranno essere adeguate alla qualità e tipologia delle priorità ed alle loro reali condizioni di applicabilità nella regione.

Questo documento affronta il tema della selezione delle priorità (*priority setting*) tenendo conto che esse dovranno essere il risultato di una azione congiunta di tipo top-down, basata sugli obiettivi strategici generali, e bottom-up, basata sull'emersione di esigenze generate dai soggetti regionali coinvolti, imprese, ricercatori ed altri stakeholder dell'innovazione.

La fase di *priority setting* è stata avviata coinvolgendo in modo organizzato un numero rilevante di rappresentanti delle imprese (di dimensioni e mercati differenziati), del sistema della ricerca pubblica e privata (trasversalmente rispetto alle aree di disciplina) e altre organizzazioni regionali integrate nell'ecosistema dell'innovazione.

A tale proposito si sottolinea che, anche grazie alla politica in sostegno all'innovazione implementata fin dal 2002 nella Regione Emilia-Romagna che ha generato meccanismi permanenti di collaborazione e di matching domanda-offerta di innovazione (si veda l'attività della Rete Alta Tecnologia coordinata da ASTER²), il sistema regionale ha risposto con entusiasmo alla chiamata per espressioni di interesse alla partecipazione all'attività di *priority setting*, al punto che è stato necessario effettuare una selezione dei partecipanti.

Sono stati costituiti 8 gruppi di lavoro, descritti in dettaglio nel cap.6 che, utilizzando un metodo di lavoro comune, hanno condiviso una visione del futuro regionale con riferimento alle aree di interesse identificate. E' utile sottolineare che tutti i membri dei gruppi di lavoro hanno contribuito non tanto e non solo a partire dalle proprie conoscenze ed esperienze specifiche, quanto dalla propria conoscenza del settore, dei mercati, delle dinamiche territoriali, offrendo dunque una visione di valore più generale.

¹ [S3 guide](#)

² www.aster.it

La prima fase di lavoro ha affrontato il tema della definizione del perimetro di interesse di ciascun gruppo. Si è trattato di una fase di grande importanza, perché la specializzazione che sta alla base della S3 non possiede valenza settoriale, ma affronta il tema delle opportunità di crescita attraverso la convergenza tra aree tecnologiche (non necessariamente high tech) e di mercato combinate in modo anche non tradizionale o inaspettato.

La discussione sul perimetro di riferimento doveva consentire da una parte di riconoscere temi dotati di un qualche grado di omogeneità, e dall'altra di essere sufficientemente inclusivi per non escludere a-priori ambiti che invece sono in grado di offrire elevato potenziale.

Gli elementi di questa discussione sono contenuti nel cap.3

Gli output dell'attività dei gruppi di lavoro sono reperibili nel cap.4 Le priorità identificate sono presentate, giustificate e discusse sia in base alla loro evoluzione tecnico-scientifica, sull'orizzonte 2020-2025, sia alla possibilità effettiva di essere realizzate. .

La proposta contenuta in questo documento costituisce anche il punto di partenza dell'attività di consultazione pubblica che rimarrà aperta fino al 3 agosto 2013 e che consentirà a tutti gli interessati di contribuire alla versione finale.

2 La metodologia

2.1 Il quadro di riferimento

2.1.1 Gli obiettivi strategici

- 1. Una strategia per lo sviluppo:** La S3 si riferisce all'identificazione delle condizioni per lo **sviluppo** di un territorio. Essa riguarda essenzialmente strategie di rafforzamento strutturale del territorio basate in larga parte sul superamento delle barriere tra ricerca e applicazione della ricerca. In questa strategia occorre dare per acquisiti i contenuti tecnologici e focalizzare l'attenzione sull'utilizzo di tali contenuti, soprattutto in una ottica di convergenza su ambiti innovativi e non consueti.
- 2. Una strategia integrata con le politiche Europee:** Questa integrazione ha essenzialmente due dimensioni. La prima dimensione si riferisce alle **politiche di coesione europee**, che sottendono i Fondi Strutturali e sono orientate ad attuare gli obiettivi di crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. La seconda dimensione si riferisce alle **sfide della società di Horizon 2020**, che rappresentano uno dei tre pilastri della strategia della ricerca europea per il periodo 2014-2020. La rilevanza delle scelte tecniche effettuate rispetto a queste dimensioni consente di rendere centrali nella strategia regionale gli aspetti sociali e legati alla persona e di perseguire azioni orientate allo sviluppo rispetto allo stato dell'arte scientifico e tecnologico.
- 3. Una strategia basata sull'innovazione:** cioè sulla capacità di incorporazione delle tecnologie abilitanti in nuovi prodotti, nuovi processi e nuovi business. La Commissione Europea ha già individuato le Tecnologie Abilitanti Chiave (KET – Key Enabling Technologies) per il recupero di competitività Europea³. Le KETs sono tecnologie ad alta intensità di conoscenza e di capitali, con una elevata quota di R&S, con cicli innovativi rapidi e integrati, alti costi e che necessitano di competenze di alto livello. La loro influenza è pervasiva, abilitano l'innovazione nei prodotti, nei processi e nei servizi, in ogni settore economico.
Esse sono di rilevanza sistemica, multidisciplinari e transettoriali, intersecano vari domini tecnologici con tendenza verso la convergenza, l'integrazione tecnologica e con il potenziale per indurre cambiamenti strutturali.
In particolare, le KETs hanno due caratteristiche specifiche che le contraddistinguono da altre tecnologie abilitanti:
 - sono integrate in prodotti innovativi
 - sono alla base di molte catene strategiche del valore europee

Le KETs sono:

- Nanotecnologie
- Nuovi materiali

³ [Key Enabling Technologies](#)

- Microelettronica
- Fotonica
- Biotecnologie industriali
- Nuovi sistemi di produzione

Per completezza di trattazione si considerano tra le KETs anche le

- Tecnologie digitali

4. Una strategia integrata con le Comunità della Conoscenza e dell'Innovazione (KIC – Knowledge and Innovation Communities). Le KIC sono iniziative dell'EIT – European Institute of Innovation and Technology⁴, formate da partnership operanti su temi specifici e costituite da soggetti del mondo dell'educazione, della ricerca, della imprenditorialità e del business. Il loro obiettivo è costituire un modello di eccellenza che possa essere un dimostratore di efficienza per l'innovazione del futuro.

Le KIC rappresentano la punta più avanzata della innovazione europea con riferimento allo stato dell'arte scientifico-tecnologico ma anche efficace campo di sperimentazione di collaborazioni Pubblico-Private anche a livello internazionale. L'elaborazione di una strategia connessa alle KIC assicura alla Comunità regionale la possibilità di integrarsi efficacemente con le grandi reti internazionali dell'innovazione e di attivare con esse una reale situazione di leadership collaborativa. Al momento tre sono le KIC esistenti:

- Climate**
- ICT**
- InnoEnergy**

Il lancio di alcune nuove KIC è atteso per il 2014, sui temi

- Raw Material
- Food
- Manufacturing
- Active and Healthy Ageing

5. Una strategia integrata con le iniziative nazionali nel campo dell'Innovazione, in particolare con i **CTN – Cluster Tecnologici Nazionali**. I CTN rappresentano il tentativo di ridare ordine e coerenza al sistema italiano dell'innovazione, mediante la costituzione di aggregazioni di imprese, università e centri di ricerca pubblici e privati, e altri stakeholders dell'innovazione su ambiti tecnologici predefiniti. I CTN integrano fin dalla loro origine la dimensione nazionale e territoriale, e offrono, sugli ambiti tematici individuati, una reale connessione a livello interregionale e un chiaro piano di sviluppo strategico su cui le programmazioni regionali possono agevolmente innestare le proprie azioni. Al momento sono otto i Cluster Tecnologici Nazionali attivi, nelle seguenti aree applicative:

- Fabbrica Intelligente
- Chimica Verde
- Scienze della vita
- Mezzi e sistemi per la mobilità di superficie terrestre e marina
- Agrifood
- Aerospazio

⁴ [EIT](#)

- g. Tecnologie per le Smart Communities
- h. Tecnologie per gli ambienti di vita

6. Una strategia che tiene conto delle tendenze globali dei mercati: Una strategia che abbia l'obiettivo dello sviluppo non può essere scollegata dalle grandi tendenze globali dei mercati, che segneranno l'evoluzione dei prodotti e dei servizi connessi. E' utile dunque riconsiderare l'analisi svolta nel 2012 nell'ambito della definizione di Scenari Tecnologici per l'Emilia-Romagna⁵ e la selezione di 13 Megatrend rilevanti per il territorio regionale li proposti e qui riportati per comodità.

DESCRIZIONE SINTETICA		
1. SMART CITIES AND INFRASTRUCTURES 	CITTA' E INFRASTRUTTURE INTELLIGENTI	<p>In futuro aumenteranno le concentrazioni abitative e per esse sarà importante una gestione più intelligente e sostenibile, in relazione alle reti energetiche, alla mobilità, agli edifici. L'efficienza energetica e le emissioni zero costituiranno la base per questa tendenza.</p>
2. NEW GENERATION 	NUOVA COMPOSIZIONE GENERAZIONALE DELLA POPOLAZIONE	<p>La maggioranza della popolazione giovane sarà concentrata in India e in Cina, l'Europa avrà il 20% del totale mondiale di popolazione ultraottantenne e le donne aumenteranno la presenza nella finanza e nel business.</p>
3. GEO-SOCIALIZATION 	GEO-SOCIALIZZAZIONE	<p>Le interazioni fra individui e fra organizzazioni e le possibilità di accesso a servizi saranno ripensate a partire dalle informazioni di localizzazione associate a dispositivi personali e pubblici</p>
4. SMART CLOUD 	CLOUD INTELLIGENTE	<p>Nel futuro sarà possibile integrare cloud pubblici e privati e allocare cloud "ad-hoc" secondo le esigenze delle imprese.</p>
5. VIRTUAL WORLD 	MONDO VIRTUALE	<p>Gli ambienti di simulazione saranno utilizzati in molti ambiti, ed in particolare nella difesa, nella medicina, nell'educazione, nella mobilità e nel business</p>

⁵ [Scenari Tecnologici per l'Emilia Romagna](#)

DESCRIZIONE SINTETICA		
<p>6. NEW BUSINESS MODEL</p> 	<p>NUOVI MODELLI DI BUSINESS</p>	<p>I modelli di business evolveranno verso condivisione di risorse (infrastrutture, macchinari) e pagamenti orari per servizi e per uso.</p>
<p>7. INTELLIGENCE ADVANCEMENT NETWORKS</p> 	<p>WIRELESS AND IN SVILUPPO DELLE RETI E INTELLIGENZA WIRELESS</p>	<p>Nel futuro la connettività sarà principalmente wireless, aumenteranno i dispositivi disponibili, la loro interconnessione e la capacità di elaborazione. L'ulteriore sviluppo della banda in termini di ampiezza e disponibilità influenzerà nuove generazioni di applicazioni e servizi e l'intelligenza artificiale.</p>
<p>8. INNOVATING TO ZERO</p> 	<p>INNOVATING TO ZERO</p>	<p>L'innovazione di prodotti e processi sarà guidata dagli obiettivi resi radicali dalle esigenze sociali di ridurre a zero i difetti, le falle di sicurezza, gli errori, gli incidenti e le emissioni pericolose per l'ambiente e la salute dei cittadini.</p>
<p>9. INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF THE FUTURE</p> 	<p>TECNOLOGIE ABILITANTI DEL FUTURO</p>	<p>Crescerà l'utilizzo di tecnologie oggi emergenti legate ai nanomateriali, all'elettronica flessibile, ai laser, ai materiali "intelligenti" e così via.</p>
<p>10. E-MOBILITY</p> 	<p>MOBILITA' ELETTRICA</p>	<p>L'uso di veicoli elettrici a 2 e 4 ruote aumenterà irreversibilmente erodendo la quota della mobilità tradizionale e saranno necessarie la realizzazione di nuove infrastrutture e l'identificazione di nuove soluzioni tecnologiche.</p>
<p>11. CURE & PREVENT IN HEALTHCARE</p> 	<p>CURA E PREVENZIONE NELLA SANITA'</p>	<p>Accanto allo sviluppo delle nuove terapie, il valore sociale della salute ed del benessere delle persone aumenterà. I metodi di prevenzione e di cura dovranno considerarlo nell'ipotizzare le proprie traiettorie di sviluppo.</p>
<p>12. FACTORY OF THE FUTURE: SMART AND GREEN</p> 	<p>IMPRESA DEL FUTURO: INTELLIGENTE E VERDE</p>	<p>Aumenterà l'utilizzo dell'automazione industriale, il ricorso a tecniche di intelligenza artificiale e robot intelligenti. La produzione sarà sempre più rapida, efficiente e sostenibile.</p>

DESCRIZIONE SINTETICA

13. GLOBAL POWER GENERATION



RETI DI GENERAZIONE DI POTENZA ELETTRICA DISTRIBUITE

Aumenterà la quota di produzione di energia elettrica da parte dei paesi emergenti, e la quota proveniente da fonti rinnovabili. In particolare nella gestione delle reti che oggi vedono luoghi di produzione concentrati e con alta potenza, si dovranno considerare immissioni puntiformi dalla periferia verso il centro, con un diagramma di produzione stocastico derivanti da condizioni meteorologiche e alternanza giorno-notte.

- 7. Ruolo del sistema regionale dell'innovazione:** Con le specificazioni qui presentate, il processo di trasformazione delle tecnologie abilitanti in soluzioni applicative "pronte per essere commercializzate" può essere svolto anche dal sistema regionale dell'Innovazione e dalla Rete Alta Tecnologia, costituiti anche con questi obiettivi. In questo modo, infatti, la dimensione tecnologica può essere integrata dagli aspetti relativi al capitale umano, alla nuova imprenditorialità ad alta intensità di conoscenza, ai servizi innovativi, alle politiche urbane e per l'attrattività per essere in grado di "curvare" la disponibilità di tecnologie in reali condizioni di incremento di competitività.

2.1.2 Il sistema economico regionale

Descrizione sommaria

2.1.3 Il sistema della ricerca e del trasferimento tecnologico regionale

Università

CNR

ENEA

Rete Alta Tecnologia

Centri per l'Innovazione

2.1.4 Altri elementi del sistema regionale

Il sistema sanitario

CINECA, APT, IBC

2.2 Il Sistema

La Regione Emilia-Romagna ha individuato cinque aree di intervento specifiche per il periodo di programmazione 2014-2020:



1. **Sistema agroalimentare:** E' una area di intervento molto importante per la Regione Emilia-Romagna, che può vantare una varietà di comparti produttivi, prodotti finali di alta gamma ed una sistema di servizi connessi che non ha uguali, dalla materia prima alla grande distribuzione. Il sistema agroalimentare regionale ha un grado di specializzazione elevato, varie grandi imprese localizzate, importanti snodi logistici e istituzioni di rilevanza nazionale ed internazionale. Costituisce inoltre una voce di primo piano nell'export.
2. **Edilizia e Costruzioni:** È un ambito trainante dell'economia regionale, sebbene attualmente colpito da una rilevante crisi di mercato, non limitata all'ambito territoriale. Il comparto industriale delle costruzioni, considerato nella sua articolazione e complessità, necessita di un'inversione di tendenza in termini di innovazione, cultura del progetto, recepimento di contenuti tecnologici abilitanti. La regione Emilia Romagna è sede delle maggiori imprese di costruzioni nazionali ed ha una leadership consolidata su alcuni comparti industriali specifici, quali il settore ceramico, materiali e componenti, macchine e impianti per le costruzioni e per le industrie dei materiali.
3. **Meccatronica e Motoristica:** E' l'ambito per cui tradizionalmente la regione Emilia Romagna è nota nel mondo, con leadership su molti comparti di specializzazione (es. motoristica di alta gamma, macchine utensili, oleodinamica) e trasversali (es. lavorazioni meccaniche, materiali speciali, automazione industriale). L'area di interesse include nicchie di produzione per il mercato, ad es. nautica, strumenti di misura, macchine, e parti di catene di fornitura complesse, allargate ai servizi di progettazione, logistica e assistenza post-vendita.
4. **Industrie della salute:** E' un ambito tradizionalmente presente nel territorio con produzioni di nicchia ma con leadership mondiale, quali la protesica e il biomedicale. La presenza di alcune imprese pivot del settore farmaceutico offre interessanti possibilità di potenziamento dell'ambito, che può beneficiare anche di una sensibilità specifica sui temi del welfare e dell'assistenza, ed una esperienza sul wellness. Nei prossimi anni le industrie della salute diventeranno cruciali per affrontare con successo la sfida dell'invecchiamento della popolazione.

- 5. Industrie culturali e creative:** L'importanza di questo ambito come leva per nuove aree e modelli di business con grandi potenzialità in termini di occupazione (anche giovanile) ad alto valore aggiunto è ben documentata⁶ in Europa. Nel nostro territorio esso diventa particolarmente importante sia per la possibilità di valorizzare e rendere fruibile il consistente patrimonio storico-artistico-naturale esistente che per espandere, anche grazie alle nuove tecnologie digitali e avendo a riferimento nuovi target di pubblico, segmenti con potenzialità ancora da esplorare, quali a solo titolo esemplificativo il gaming, l'entertainment, l'edutainment, il turismo culturale, ... Questo ambito di interesse include anche il supporto ai processi creativi e la promozione dei contenuti culturali collegati ai settori maturi, quali quello del made in Italy e della moda, con la possibilità di instaurare nuove intersezioni prodotto-mercato.

2.3 Le traiettorie tecnologiche regionali

2.3.1 I driver principali

Nel processo di elaborazione delle traiettorie tecnologiche regionali collegate al *priority setting*, sono stati analizzati e considerati i driver di sviluppo principali riconosciuti in letteratura come determinanti a medio-lungo termine.

- 1. Flessibilità, intelligenza, adattabilità:** La capacità dei prodotti, dei servizi e dei sistemi di produzione di adattarsi alle necessità dei destinatari costituirà la chiave del successo. Infatti, le tendenze dei mercati a spostarsi da una produzione di massa ad una ad elevato grado di personalizzazione (la cosiddetta mass customization) rende necessari modi innovativi di concepire, progettare, produrre beni e servizi ed erogarli in modo adeguato alle aspettative. Questa capacità potrà anche favorevolmente influire in un recupero di quote di mercato dell'Europa rispetto a competitor che ancora operano su strategie di prezzo e su produzione di elevati volumi.
- 2. Migliore gestione delle risorse ambientali/energetiche:** la migliore gestione delle risorse disponibili è necessaria sia in una ottica di conservazione delle risorse stesse, che per limitare effetti dannosi sull'ambiente sia, infine, per la diminuzione dei costi di produzione. *Fare di più con meno* diventerà lo slogan dei prossimi anni ancora di più di quanto non lo sia stato finora, e ciò determinerà la necessità di identificare soluzioni più performanti sia in termini di efficienza energetica che di materiali utilizzati, che di servizi associati alla commercializzazione, in una ottica fortemente convergente.
- 3. Seconda e terza vita dei materiali e dei prodotti:** questo driver è strettamente collegato al precedente e ai temi della sostenibilità in tutte le sue dimensioni. Concetti come *Ciclo di vita*, *Riuso* e *Recupero* diventeranno specifiche funzionali per prodotti, processi e servizi fin dal loro concept. Occorre infatti allungare (o allargare) il tempo di vita utile dei prodotti ben oltre la loro vita produttiva, progettando fin da subito le fasi di smaltimento, recupero e riuso per obiettivi diversi dagli originali. Queste considerazioni dovranno essere estese non solo alla vita dei prodotti ma anche alla vita dei sottoprodotti (o scarti) che potranno diventare materie prime per altri processi, in una ottica di efficace simbiosi industriale.

⁶ Commissione Europea, "Libro verde – Le industrie culturali e creative, un potenziale da sfruttare", COM (2010) 183 def., 2010.

- 4. Centralità della persona:** La persona e il miglioramento delle sue condizioni di vita diventeranno il perno dello sviluppo europeo e l'elemento caratterizzante delle scelte strategiche da effettuare. Vari sono gli impatti di questa considerazione, da quelli ambientali (è da evitare uno sviluppo che ricade negativamente sull'ambiente) a quelli legati alla salute o al diritto a luoghi di lavoro sicuri e confortevoli.
- 5. Gestione del rischio:** La capacità di gestire in modo positivo i rischi connessi ai processi e/o alla conformità a norme potrà orientare in modo importante verso il successo su mercati nuovi e inaspettati. La capacità di ricavare da situazioni fortemente critiche (anche derivate da cause naturali) indicazioni utili per nuove soluzioni tecnologiche o organizzative apre orizzonti di business di grande interesse economico e sociale.
- 6. Invecchiamento della popolazione:** La mutata composizione sociale della popolazione, con una presenza predominante di anziani, determinerà specifiche di prodotto, di processo e di servizio nuove, che dovranno tenere conto di questo segmento di mercato. Questo driver determina in modo significativo le scelte strategiche da effettuare nell'ambito della salute, ma ha impatti molto importanti anche sui nuovi modelli di business e sulle specifiche di prodotti sia ad alto contenuto tecnologico che tradizionali.
- 7. Agenda digitale:** Driver per eccellenza e condizione abilitante per tutte le altre è la necessità di poter contare su una infrastruttura digitale sia in termini di "hardware" sia di "software. Questa infrastruttura si realizza grazie a connessioni ad elevate prestazioni e all'eliminazione del divario digitale, così come grazie alla disponibilità di applicazioni e servizi adeguati alla disponibilità di connettività, basati sulla geolocalizzazione e concepiti con logiche di integrazione e interoperabilità.

2.3.2 Le componenti di sistema e abilitanti

Considerando gli obiettivi strategici sopra descritti e le condizioni di rilevanza rispetto ai temi principali nonché i driver di sviluppo attesi, la proposta delle traiettorie di sviluppo regionali sui sistemi di riferimento è stata realizzata tenendo conto dei seguenti aspetti:

- 1. Pertinenza rispetto all'ambito del sistema:** I temi trattati nelle traiettorie sono rilevanti per il sistema o area tematica di interesse ma mantengono una loro generalità anche per ambiti diversi, nello spirito della *related variety*. Le applicazioni al settore specifico o all'area tecnologica principale, a volte descritte nelle singole schede delle traiettorie, devono essere interpretate come modo per chiarire alcuni contenuti piuttosto che come destinazione esclusiva, riconoscendo il valore delle scelte nella generalità piuttosto che nella specificazione, nelle condizioni abilitanti di "*scoperte imprenditoriali*" piuttosto che nelle soluzioni proposte.
- 2. Coerenza con lo stato dell'arte tecnico-scientifico e di contesto:** Le traiettorie tecnologiche proposte sono aggiornate allo stato dell'arte, sia sulla tecnologia in se che rispetto ai suoi ambiti di destinazione. Infatti, poiché come già detto l'obiettivo generale è nel sostegno allo sviluppo del territorio, l'attenzione deve essere rivolta non a soluzioni o traiettorie di frontiera o high tech, ma a soluzioni che consentano avanzamenti di mercato a chi le applicherà. Il punto di attenzione, dunque, è piuttosto sull'adeguatezza rispetto allo stato di sviluppo della destinazione piuttosto che sul grado di aggiornamento in sé.
- 3. Cantierabilità nel territorio e nell'orizzonte di tempo considerato:** Questo aspetto è centrale nell'attività svolta e per l'interpretazione della proposta. Le traiettorie considerate

devono dimostrarsi concretamente applicabili nel nostro territorio nell'orizzonte temporale di interesse (2020-2025) sia perché il tessuto economico si dimostra già in grado di adottarle sia perché si possono mettere in atto misure che possono sostenere tale adozione. Soluzioni interessanti dal punto di vista tecnologico e di mercato che sono troppo lontane da questa situazione non sono state qui considerate (o appena accennate per completezza di trattazione).

Questi aspetti sono stati considerati nei gruppi di lavoro che hanno affrontato il tema specifico nei settori di destinazione, e sono stati affiancati da ulteriori approfondimenti relativi a contenuti di tipo trasversale. Essi rappresentano punti di vista e tecnologie applicabili a tutti gli ambiti e come tali possono essere trattati indipendentemente dalla destinazione. Gli ambiti trasversali trattati sono stati:

- 4. Materiali:** I materiali innovativi, altamente performanti e intelligenti, possono offrire soluzioni applicative utilizzabili nei più svariati ambiti, dai dispositivi per la salute, al packaging alimentare, alla sostituzione di materiali strategici, al miglioramento delle funzionalità tribologiche e superficiali su prodotti meccanici e componenti di macchine. Una linea di lavoro sui materiali, sia relativa allo sviluppo di nuovi materiali che alla loro caratterizzazione per usi specifici è di grande importanza per il sistema regionale, anche per la presenza di esperienze scientifiche di primo livello e di utilizzatori in settori di punta, anche di tipo tradizionale (si pensi, ad esempio, alla funzionalizzazione di componenti per le costruzioni o a compositi per la nautica).
- 5. Ambiente e sostenibilità:** L'importanza dei temi legati alla sostenibilità è già stata discussa. Preme qui sottolineare che essi sono parte di tutti i domini applicativi, e possono mutarne in modo significativo le soluzioni tecnologiche e le aree di business. La gestione corretta del ciclo di vita dei prodotti (Life Cycle Analysis) e la sua valutazione (Life Cycle Assessment) forniscono elementi indispensabili alla definizione del suo Total Cost, connesso all'intera vita del prodotto e non solo alla sua vita utile. La generazione di nuovi modelli di business legati alla gestione delle interazioni con l'ambiente (in senso ecologico) possono determinare aree di competizione nuove. La connessione di settori diversi attraverso il riuso degli scarti del primo come materia prima del secondo, per realizzare condizioni di *Simbiosi Industriale* rappresentano un esempio di *related variety* da proporre come linea per il futuro.
- 6. ICT:** La gestione automatizzata delle informazioni e la loro comunicazione ed elaborazione attraverso reti di comunicazione locali o globali, wired o wireless è alla base di molteplici nuove possibilità per la messa a punto di processi di produzione e prodotti che rispondano alle nuove esigenze di un mercato globale, delocalizzato e con filiere diversamente articolate. La focalizzazione su ICT è la risposta ad una domanda di adeguamento, anticipazione e gestione del cambiamento: ICT infatti è sinonimo di servizi avanzati più che di produzione. La capacità di gestire in modo affidabile grandi quantità di dati può essere al servizio della sanità così come dei sistemi di simulazione applicabili alle macchine per il packaging o ai motori da competizione. I sistemi di georeferenziazione possono determinare la nascita di imprese legate alla valorizzazione dei beni culturali così come ai servizi turistici. La possibilità di interagire con gli oggetti, anche da remoto, attraverso Internet, consente la messa a punto di numerosi servizi utili sia per la vita di tutti i giorni così come sia per il business. Un'attenzione specifica va dedicata alla pubblicazione di dati come 'open data da parte della Pubblica Amministrazione che può aprire segmenti di mercato interamente nuovi.

2.3.3 La composizione dei gruppi di lavoro

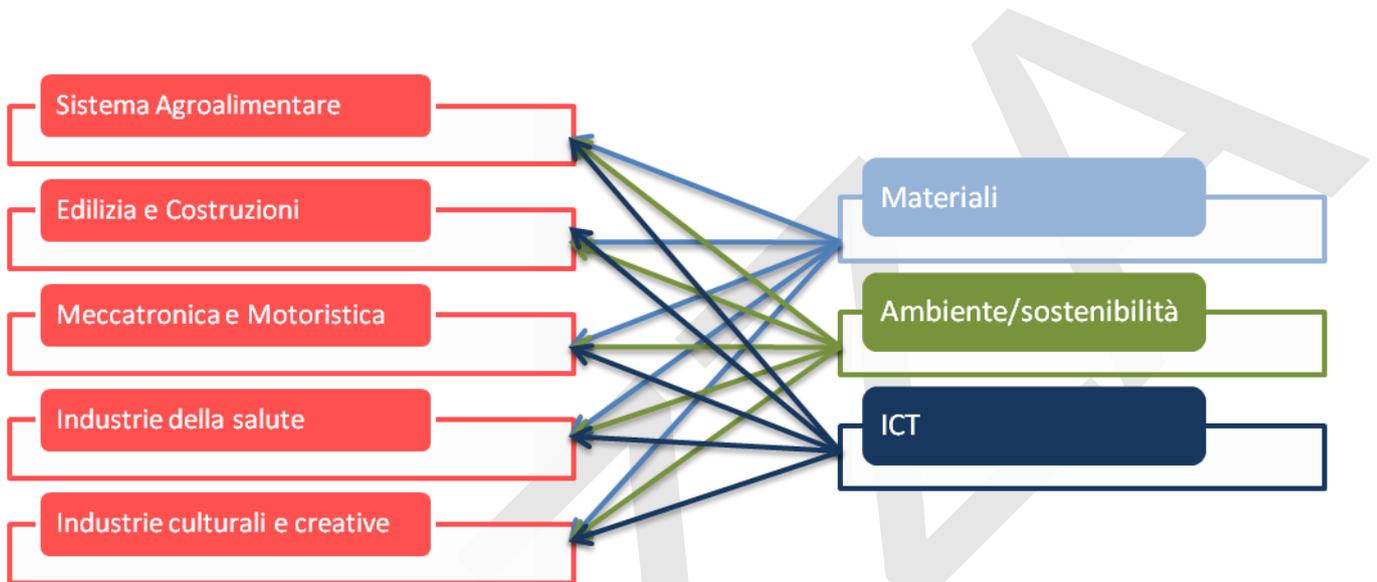
I gruppi di lavoro (gdl) che hanno svolto l'attività qui descritta sono stati composti secondo i seguenti criteri:

- 1. Competenza:** l'insieme dei membri dei gdl hanno assicurato, con le loro competenze, la copertura disciplinare dei temi che sono stati trattati. Tali competenze sono state utilizzate soprattutto per la visione di prospettiva, l'analisi del mercato e dello stato dell'arte, la proiezione verso il futuro.
- 2. Tipologia di esperienze:** è stato realizzato un mix di rappresentanti di imprese connesse all'ambito affrontato (in senso largo) e ricercatori nei diversi ambiti disciplinari (con esperienze di ricerca applicata). Quando necessario altri soggetti (ad esempio rappresentanti di iniziative in corso nel territorio o enti regionali con competenze specifiche) sono stati inclusi nel mix allargando il numero di partecipanti. Fanno eccezione a questa considerazione i tre gruppi di lavoro trasversali che hanno visto la partecipazione esclusiva di ricercatori.
- 3. Efficienza dei processi:** le "regole di partecipazione" sono state chiarite fin dall'inizio dell'attività. La disponibilità a **partecipare** a incontri di lavoro ravvicinati nel tempo, a **mettere a disposizione tempo** di lavoro per la redazione di documenti al di fuori delle riunioni e a operare in una **logica collettiva** e **condividere** gli output all'interno del gruppo sono state condizioni per la partecipazione. Il numero dei partecipanti è stato limitato (sebbene più ampio delle previsioni iniziali) per permettere la reale operatività nei tempi stabiliti.

Per la composizione del gruppo di lavoro specifico della tematica Meccatronica e Motoristica e dei tre gdl trasversali si veda il capitolo 5

2.3.4 L'operatività dei gdl

Sono stati costituiti cinque gruppi di lavoro sui sistemi rilevanti ai fine della S3 e tre per i temi trasversali. I gruppi trasversali hanno prodotto output che sono stati circolati in modo personalizzato ai cinque gruppi di sistema (si veda schema sotto), che hanno adottato i contenuti in modo diverso a seconda dei casi. Ne hanno fatto una traiettoria addizionale per quelle prodotte internamente o ne hanno utilizzato i contenuti per integrare traiettorie già sviluppate.



Il coordinamento di ciascun gruppo di lavoro e quello complessivo è stato curato da ASTER che ha anche assicurato il controllo di congruenza e completezza dell'attività nel suo insieme.

3 Gli INPUT al PROCESSO S3 per la Meccatronica e Motoristica

3.1 Il perimetro di interesse

La meccanica in Emilia-Romagna rappresenta da sempre un caso di eccellenza internazionale, altamente competitiva e articolata in molteplici settori e sub-settori, caratterizzati da significativi "campioni" di rilevanza mondiale e da numerose imprese medie e piccole altamente specializzate e leader nelle rispettive nicchie di mercato.

I principali ambiti di specializzazione sono:

- auto, moto, veicoli industriali, nautica, e relativa componentistica compresa l'aeronautica
- meccanica agricola, oleodinamica, generatori di potenza, meccanica industriale, automazione, biomedicale e meccanica di precisione.

In questi ambiti, nicchie di particolare eccellenza sono rappresentate da: auto e moto sportive, macchine per packaging e macchine utensili oltre a macchine per: industria alimentare, ceramica, costruzioni, legno; produzione di energia, elettromedicale e strumenti di misura, controllo e rilevazione.

I laboratori di ricerca delle Rete Alta Tecnologia Regionale organizzati nella piattaforma tematica Meccanica Materiali sono specializzati in aree tecnologiche strategiche come le nanotecnologie, i materiali, la progettazione, l'automazione, la robotica, etc.

Laboratori di ricerca ed imprese leader, innovative e dinamiche, definiscono il Distretto Tecnologico HI-MECH, individuato dal Ministero della Ricerca italiano, come rappresentativo della grande concentrazione di conoscenze e competenze nella regione.

Colonne portanti di queste aree di specializzazione che hanno contribuito a creare eccellenza e che al contempo hanno ancora potenzialità di grande crescita sono la **Meccatronica** e la **Motoristica**.

La Regione Emilia Romagna ha una storica vocazione e tradizione industriale nel settore della **motoristica** (auto, moto e tutta la componentistica ad esse collegata). Questa spiccata vocazione industriale ha consentito di definire all'interno della Regione una Motor Valley che racchiude tutte le esperienze industriali del settore. La presenza in questo contesto di una serie di aziende che rappresentano dei veri e propri leader nel rispettivo segmento, fa sì che complessivamente la ricerca e l'innovazione industriale nell'automotive sia, a livello regionale, perfettamente allineata con le soluzioni più avanzate che vengono sviluppate a livello mondiale.

Le imprese regionali della motoristica sono caratterizzate da produzioni di qualità, con alto valore aggiunto e con un alto livello di differenziazione dei prodotti. Non essendo presenti stabilimenti di dimensioni particolarmente grandi, a fare la differenza è proprio la ricerca dell'eccellenza, raggiunta attraverso le attività di R&S e le alte competenze a disposizione. I marchi più famosi al grande pubblico sono quelli afferenti alla produzione di auto e moto, ma la regione è al top anche nel comparto delle macchine agricole.

Quasi l'80% degli addetti vengono dalle imprese fornitrici di componenti, che sono caratterizzate da una dimensione media più contenuta ma rappresentano quel tessuto imprenditoriale diffuso che funge da sostegno per le eccellenze e da terreno fertile per nuovi investimenti.

Di notevole importanza sono da segnalare inoltre le sperimentazioni che si stanno conducendo in regione sui veicoli elettrici che hanno un forte impatto sulla sostenibilità ambientale e sui veicoli autonomi che hanno enormi ripercussioni sulla sicurezza e sulla riduzione del traffico.

La **meccatronica** può essere definita come un 'sistema abilitante'. Infatti qualsiasi sistema manifatturiero oramai include sistemi, macchine, moduli e componenti che integrano meccanica, elettronica, tecnologie ICT e tecnologie dei materiali.

I sistemi meccatronici non soltanto si interfacciano con materiali, parti e prodotti e hanno la capacità di comunicare con gli altri sistemi della fabbrica ma possono anche cooperare in modo sicuro e sempre più semplice con i lavoratori rendendo l'azienda user-centered. Inoltre grazie alla meccatronica si ha la possibilità di integrare i dati della produzione con i sistemi di monitoraggio, con la progettazione e con la manutenzione creando un circolo virtuoso di continuo apprendimento e miglioramento.

Quindi grazie alla meccatronica, i sistemi di produzione stanno diventando più intelligenti al fine di generare elevato valore (qualità, produttività) consumando meno energia e generando meno scarti e rifiuti. Sono dotati di un alto livello di autonomia e di capacità cognitive, in gran parte ispirati e facendo uso di tecnologie tipicamente robotiche.

Il fabbisogno sempre più elevato di riconfigurabilità e la capacità di produrre lotti sempre più piccoli di prodotti personalizzati richiedono una meccatronica smart, capace di migliorare l'efficienza ed efficacia nella pianificazione e nella progettazione dei sistemi di produzione.

La regione Emilia-Romagna vanta un'elevata specializzazione meccatronica che viene sempre più utilizzata sia a livello di beni strumentali che di prodotti consumer. Alcuni settori di spicco sono:

- Agrimeccatronica: trattrici e macchine agricole, macchine per giardinaggio, macchine per l'irrigazione e protezione colture
- Robotica industriale: magazzini automatizzati, automotive
- Macchine per il packaging, material handling, logistica, imballaggio, movimentazione
- Macchine utensili
- Macchine per l'industria alimentare, ceramica, del legno, etc.
- Mobilità: componenti e sistemi per veicoli anche ibridi ed elettrici
- Componentistica: trasmissione di potenza, idraulici, componenti elettrici ed elettronici, automazione, software
- Elettrodomestici
- Macchine per la produzione di gelato, caffè, etc.
- Protesica ed elettromedicale

Il sistema Meccatronica e Motoristica impiega oltre 350.000 addetti tra industria manifatturiera e servizi collegati ed è pervasiva in tutta la regione, con poli strategici per numero di addetti a Modena, Reggio Emilia e Bologna

3.2 La posizione del Sistema all'interno dei CTN

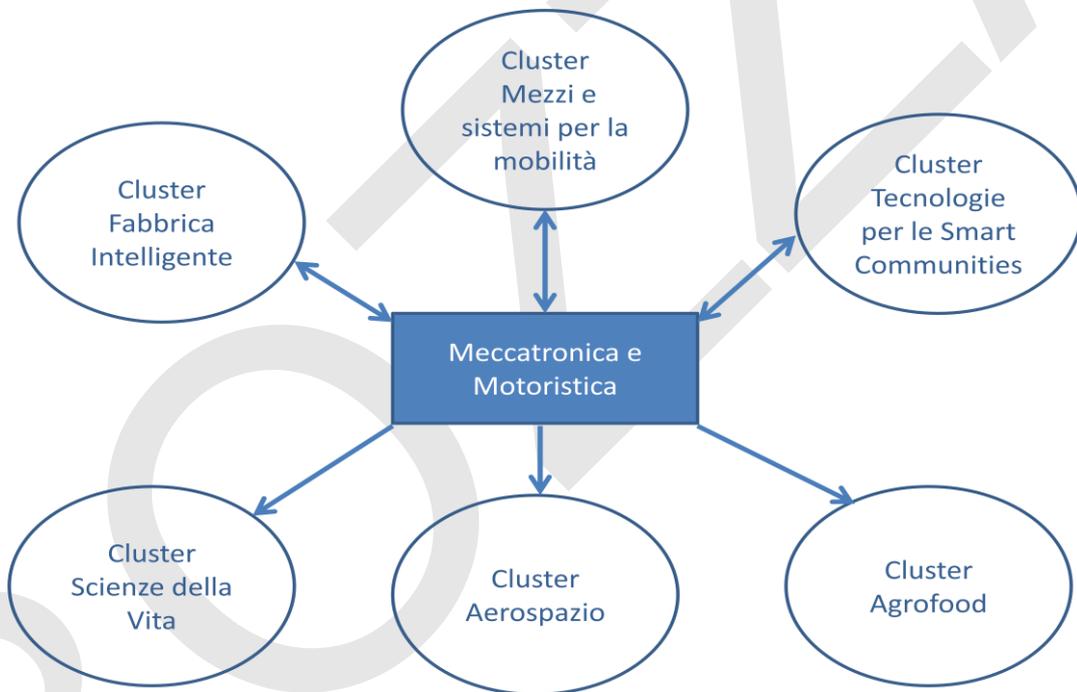
Si premette che, non essendo ancora disponibile tutta la documentazione sui cluster, l'analisi che segue non è assolutamente da considerarsi esaustiva.

Il sistema della meccatronica e motoristica regionale è doppiamente correlato, nel senso che può fornire e ricevere competenze, con i cluster:

- **FABBRICA INTELLIGENTE:** manufacturing Intelligente, manufacturing ad alte prestazioni, approccio modulare ed adattivo alla fabbrica digitale, manufacturing sostenibile
- **MEZZI E SISTEMI PER LA MOBILITÀ** per tutto quello che attiene all' efficienza, razionalizzazione e propulsione innovativa; oltre ai materiali per alleggerimento
- **TECNOLOGIE PER LE SMART COMMUNITIES** per quanto riguarda lo sviluppo di sistemi di trasporto intelligenti e cooperativi, sistemi del controllo del traffico, sistemi di ausilio alla guida

Può poi fornire competenze ai cluster:

- **SCIENZE DELLA VITA:** sensoristica, microelettronica, elettromedicale, macchine per la produzione di farmaci, protesica e riabilitazione
- **AGROFOOD:** macchine e impianti per la trasformazione alimentare, logistica, automazione dei magazzini, sensoristica per la catena del freddo ed in generale
- **AEROSPAZIO:** componentistica, sensori, attuatori e robotica



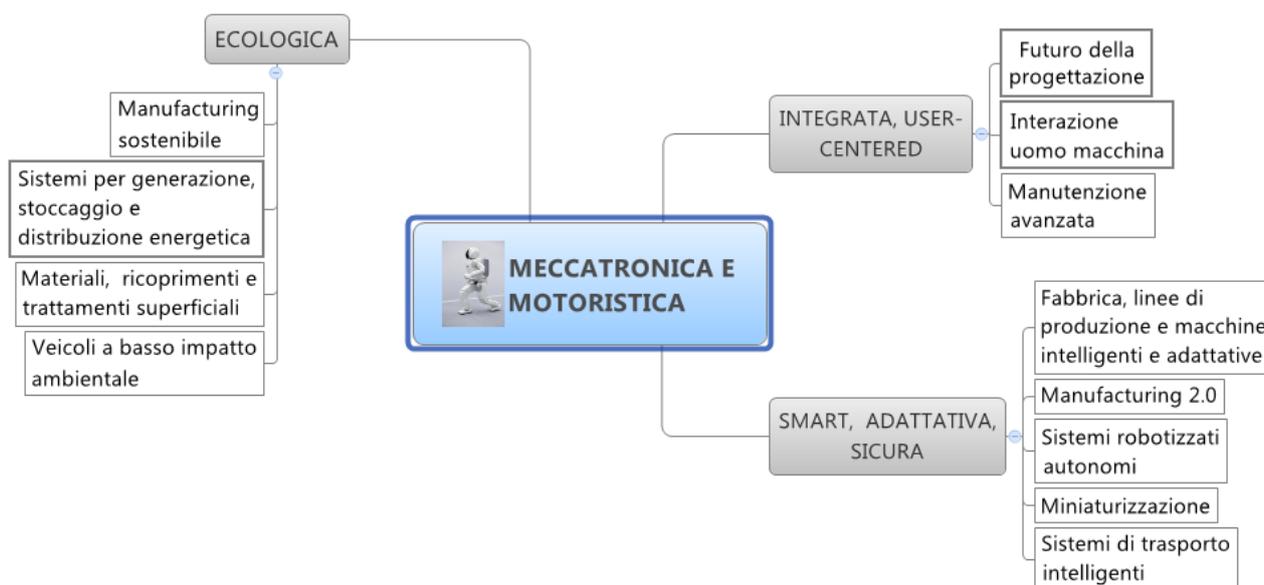
4 Le traiettorie tecnologiche regionali: la Meccatronica e Motoristica

Nella mappa che segue si è cercato di dare una visione complessiva e organizzata delle traiettorie tecnologiche che impattano sul sistema.

Il primo livello mostra i macro obiettivi che ci si è posti, cioè una meccatronica e motoristica che sia:

- **Integrata, user-centered**
- **Smart, adattativa, sicura**
- **Ecologica**

Il secondo livello mostra le traiettorie tecnologiche evolutive considerate prioritarie per raggiungere tali obiettivi.



Di seguito per ogni traiettoria viene presentata una descrizione e le motivazioni della scelta, la sua possibile evoluzione nel breve-medio-lungo periodo e la fattibilità, evidenziando i principali punti di forza e criticità sia a livello di imprese che di competenze scientifiche presenti in regione.

4.1 Futuro della progettazione

4.1.1 Descrizione e motivazione della scelta

Il futuro della progettazione accoglie in sé la necessità di supportare la nascita di materiali, prodotti, macchine e processi sempre più efficienti e funzionalizzati nonché le problematiche relative allo studio ed allo sviluppo di sistemi integrati ad elevata complessità intrinseca come quelli meccatronici e motoristici. In tal senso la progettazione nel futuro dovrà supportare le aziende nelle evoluzioni tecnologiche, e quindi nei relativi percorsi che permetteranno di tracciare le linee di sviluppo, mediante la costruzione, l'armonizzazione ed il consolidamento di un substrato di conoscenze multidisciplinari e lo **sviluppo di approcci sempre più sistemici ed integrati**. Le

maggiori criticità che si riscontrano oggi nei processi di progettazione sono riconducibili ai seguenti aspetti:

- mancanza di una progettazione sistematica che tenga conto anche degli impatti ambientali e sociali nell'ambito della mecatronica e della motoristica;
- mancanza di una conoscenza organizzata sulle metodologie, i materiali e le esperienze di progettazione;
- mancanza di strumenti metodologici e tecnici per la prototipazione virtuale di prodotti e processi;
- ridotta disponibilità di informazioni e di dati affidabili necessari per poter eseguire una progettazione accurata;
- scarsa integrazione tra gli strumenti di progettazione.

La progettazione nel futuro dovrà poggiare su metodologie e conoscenze che permettano di superare tali limiti ed in tale senso sono state individuate le seguenti traiettorie evolutive.

4.1.2 Traiettorie di evoluzione

Progettazione Integrata

La progettazione integrata si basa sullo sviluppo e l'integrazione delle metodiche, delle tecniche e degli strumenti software nonché di alcuni strumenti hardware che permettono di intercettare in modo profondo e nel contempo diffuso il percorso di sviluppo di un materiale/prodotto/macchina/processo. Alla base della progettazione integrata c'è l'integrazione armonica delle competenze di varie scienze quali quelle ingegneristiche e quelle chimico-fisico-matematico. Aspetti rilevanti per la traiettoria della progettazione integrata saranno quindi la messa a punto di metodologie e di strumenti che permettano di eseguire (1) modellazione e simulazioni multifisiche di processo e di prodotto, (2) modellazione e simulazioni multiscale di processo e prodotto, (3) modellazione e simulazione integrata di processo e di prodotto, (4) ottimizzazione multi-piattaforma, (5) progettazione virtuale di sistemi complessi ed in particolare modellazione e simulazione cineto-elasto-dinamica di sistemi a più corpi ed assemblaggio evoluto, in ambiente virtuale, di sistemi complessi.

Eco-Design

La progettazione del futuro non potrà prescindere dagli aspetti ambientali e sociali. Negli ultimi quindici anni il concetto di eco-design è entrato con vigore nei paradigmi progettuali di alcuni settori, quali quello dell'edilizia, tuttavia si ritiene che esso possa e debba esprimere rilevanti effetti positivi anche quando troverà diffusa applicazione nella mecatronica e nella motoristica. Lo sviluppo di questa traiettoria prevede quindi la concreta integrazione delle metodologie e dei software per eseguire il Life Cycle Assessment, il Life Cycle Simulation, nonché strumenti per la progettazione e la produzione integrata secondo la logica del Life-Cycle-Planning. Si aggiunge ai paradigmi dell'eco-design ora citati anche il principio del "Design based on Zero-Energy" che prevede lo studio e lo sviluppo di sistemi mecatronici e motoristici nei quali il controllo e la pianificazione della conversione di energia vengono finalizzati a ridurre i consumi e le dissipazioni.

Progettazione di standard e Progettazione basata su standardizzazione

La progettazione di standard è finalizzata a sistematizzare i percorsi di progettazione offrendo ai progettisti i blocchi fondamentali e le metodologie essenziali mediante le quali poter migliorare prodotti e processi produttivi esistenti e nel contempo a fornire supporto per lo sviluppo creativo di nuove soluzioni. Gli standard potranno riguardare, ad esempio, (1) i componenti fisici, come già avviene in molte aree della meccanica, (2) le procedure di sviluppo, produzione e di assemblaggio

dei componenti e (3) le metodiche per lo sviluppo e l'integrazione e la caratterizzazione dei materiali. Questa traiettoria comprende anche le piattaforme di progettazione che integrano il concetto di "blocchi elementari" per la progettazione con quello dei costi. In particolare è necessario considerare il concetto di "Lowest Lifetime Cost-of-Ownership". Non si tratta di semplice attenzione ai costi del prodotto ma anche (1) alla loro corretta ripartizione tra gruppi e componenti per conferire al prodotto il più grande valore percepito (in termini di rispondenza alle aspettative del Cliente), (2) a quelli relativi al ciclo di vita del prodotto stesso (in termini di costi sostenuti dagli End-Users).

Progettazione inventiva

Con questa traiettoria evolutiva si vuole stimolare lo sviluppo di piattaforme della conoscenza multidisciplinare (concurrent engineering) che seguano la logica dell'open-invention e dell'open design. La progettazione inventiva sarà quindi basata sull'integrazione delle scienze fisiche, chimiche, matematiche e di quelle umane (e.g. storia, psicologia e legge). La progettazione inventiva potrà essere concretamente attuata agendo e promuovendo i seguenti obiettivi: (1) sviluppo delle metodologie per la strutturazione delle conoscenze in ambito meccatronico e motoristico in idonei database; (2) sviluppo ed integrazione delle piattaforme per la condivisione della conoscenza di tipo multifisico che integrino i database della conoscenza; (3) realizzazione di team di progettazione inventiva che vedano il coinvolgimento sia di figure professionali specializzate nella progettazione di prodotti, di processi produttivi e di servizi, sia di professionalità provenienti dall'ambito delle scienze umane; (4) integrazione di competenze che permettano di considerare come la scelta del ciclo e dei parametri di produzione possano influire drasticamente sulle proprietà meccaniche, fisiche, a corrosione ma anche estetiche del prodotto finale.

Strumenti per le traiettorie:

Metodologie e piattaforme e di progettazione:

- Metodi, tecniche, strumenti, e piattaforme software dedicati alla progettazione integrata per: (1.1) simulazioni multifisiche e multiscala di processo e di prodotto, (1.2) per lo studio dell'interazione processo-prodotto, (1.3) per eseguire l'ottimizzazione multi-piattaforma, (1.4) per sviluppare la progettazione virtuale di sistemi complessi (sistemi realizzati in materiali convenzionali e non, costituiti da più corpi e dotati di attuatori e sensori);
- Metodi, strumenti e piattaforme software per la strutturazione e la trasmissione della conoscenza ed in particolare: (1) piattaforme per la condivisione, l'integrazione e la strutturazione delle conoscenze, (2) per il trasferimento della conoscenza quali i sistemi per il virtual training
- Metodi, tecniche e strumenti, per la progettazione orientata alla pianificazione del ciclo vita (e.g. Life Cycle Assessment, Life Cycle Cost, Life Cycle Simulation, Software per progettazione e produzione integrata Life-Cycle-Planning oriented)
- Metodi, tecniche, strumenti per lo studio della "Noise, Vibration, and Harshness" (NVH) e del Crashworthiness al fine di raggiungere un "Design Right First Time" che determini ridotti time-to-market e ridotti costi.

Strumenti sperimentali:

- Dispositivi sperimentali per supportare lo studio e lo sviluppo progettuale di materiali/processi/prodotti: (1.1) piattaforme per la sperimentazione dei processi e dei fenomeni meccanici su scala reale o anche ridotta (e.g. hardware per lo studio della formazione di meso-, micro- e nano-strutture funzionalizzate nei materiali e nei prodotti), (1.2) piattaforme per la sperimentazione in ambiente simulato per lo studio del

comportamento di materiali e prodotti soggetti ad agenti potenzialmente deterioranti (usura, corrosione, fatica, creep, ...); (1.3) piattaforme e prototipi per la produzione di componenti di preserie e/o di componenti innovativi

- Piattaforme tecnologiche per la fabbricazione e l'integrazione di dispositivi per realizzare materiali e/o componenti intelligenti (e.g. produzione ed integrazione di sistemi per la diagnosi, per l'autoriparazione e per il metamorfismo funzionale, in tempo reale, del materiale e/o del componente).
- Hardware per realtà virtuale 3D (dispositivi per la progettazione 3D di componenti, e.g. olografia 3D, sistemi per la ricostruzione virtuale 3D di strutture di materiali, e.g. micro e nano-tomografia)

4.1.3 Fattibilità

La fattibilità delle traiettorie poggia su tre valutazioni di capitale presenti nella Regione Emilia Romagna:

1. Il capitale di conoscenze
2. Il capitale delle tecnologie
3. Il capitale delle risorse umane

Il capitale delle conoscenze poggia sul fatto che negli ambiti dei sistemi meccatronici e dei sistemi per il controllo e la conversione di energia, esiste in Emilia-Romagna una storia industriale ed imprenditoriale che ha permesso di stratificare nel tempo una solida esperienza progettuale. Le quattro traiettorie intendono consolidare e favorire lo sviluppo del capitale delle conoscenze individuando quattro assi di sviluppo per la progettazione del futuro

Il capitale tecnologico risiede nel fatto che molti degli strumenti necessari alla realizzazione delle quattro traiettorie sono già in uso in alcuni studi di progettazione sia individuali che aziendali mentre altri strumenti dovranno essere inseriti. La concreta realizzazione delle traiettorie permetterà da un lato di armonizzare le tecnologie in uso veicolandole verso gli obiettivi del futuro, dall'altro di renderle disponibili alle aziende meno tecnologicamente avanzate.

Il capitale delle risorse umane poggia su due elementi base:

- una pervasiva rete di laboratori, e centri di ricerca che a tutti i livelli riescono ad intercettare la necessità di conoscenza e a fornire servizi di formazione
- una importante esperienza di ricerca e formazione capace di recepire e sviluppare le sfide del futuro

4.1.4 Fonti bibliografiche principali

- Flore Vallet, Benoit Eynard, Stephanie Glatard Mahut, Gwenola Bertoluci, Using eco-design tools: An overview of experts' practices, Design Studies Vol 34 No. 3 May 2013

- Yasushi Umeda, Shozo Takata, Fumihiko Kimura, Tetsuo Tomiyama, John W. Sutherland, Sami Kara, Christoph Herrmann, Joost R. Dufloy, Toward integrated product and process life cycle planning - An environmental perspective, CIRP Annals - Manufacturing Technology 61 (2012) 681-702

- Nee A.Y.C., Ong S.K., Chryssolouris G., Mourtzis D., Augmented reality applications in design and manufacturing, CIRP Annals - Manufacturing Technology 61 (2) , pp. 657-679, 2012

- Hayes C.C., Goel A.K., Tumer I.Y., Agogino A.M., Regli, W.C., Intelligent support for product design: Looking backward, looking forward, Journal of Computing and Information Science in Engineering 11 (2) , art. no. 021007, 2011

- Bannat A., et. al., Artificial cognition in production systems, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 8 (1) , art. no. 5524092 , pp. 148-174, 2011

- Rosli D.I., Alias R.A., Rahman A.A., Interaction Design Issues: A Literature Review, Proceedings - 2010 International Conference on User Science and Engineering, i-USer 2010, art. no. 5716738 , pp. 133-138

4.2 Interazione uomo macchina

4.2.1 Descrizione e motivazione della scelta

Qualunque tipologia di macchina e artefatto industriale, dalla macchina per la produzione in azienda al dispositivo per il consumatore, ha la necessità di interagire con un essere umano. Si possono citare svariati esempi, tra cui l'interazione tra macchine per la produzione industriale e gli operatori di fabbrica, per la supervisione e il controllo del funzionamento del ciclo produttivo. In tale contesto, gli operatori debbono poter definire parametri di produzione e identificare (e risolvere) problemi di inceppamenti o guasti in modo semplice ed intuitivo. D'altra parte, nel contesto dei dispositivi di tipo "consumer" l'utente comanda le funzioni del dispositivo (es. programma il funzionamento di un robot tagliaerba, oppure imposta la destinazione in un navigatore per auto) attraverso una interfaccia utente che deve essere efficace ed intuitiva.

Infatti, la tendenza da alcuni anni a questa parte nello sviluppo delle interfacce uomo macchina (Human Machine Interface, HMI) è quella di evitare o ridurre al minimo il periodo di training dell'utente per raggiungere una interazione efficace con l'artefatto industriale. Questo permette di migliorare l'esperienza d'uso di un dispositivo, rendendolo più appetibile e quindi più ricercato sul mercato (un esempio importante è quello dei sistemi Apple, che devono in larga parte il loro successo alla facilità di interazione), ma anche ridurre i tempi e i costi relativi all'addestramento del personale operativo addetto alla macchina.

Inoltre occorre considerare che in molti casi, soprattutto nei paesi in via di sviluppo, la manodopera è culturalmente molto carente, per cui occorre che il sistema HMI sia particolarmente intuitivo e deve tenere conto della specificità culturale del contesto in cui la macchina o il sistema andrà ad operare.

Un aspetto legato al HMI in ambienti tipicamente produttivi è l'interazione detta di "tipo fisico", per distinguere dalla interazione precedente, detta di tipo "informativo". Nella interazione di tipo fisico, si ha una interazione fisica tra l'operatore e la macchina automatica o robot manipolatore.. Questo tipo di interazione è molto interessante per poter "aprire" le celle di lavoro occupate da robot che allo stato attuale sono completamente separati dagli operatori umani per problemi di sicurezza. La possibilità data da sistemi di controllo intelligenti e intrinsecamente sicuri permetterebbe di aprire queste celle, e quindi consentirebbe un lavoro cooperativo tra il robot e l'operatore, in modo da incrementare di molto la produttività del sistema.

4.2.2 Traiettorie di evoluzione

Possiamo identificare traiettorie di evoluzione tecnologiche nei seguenti modi:

Interazione a livello informativo:

Il metodo di progetto delle interfacce HMI deve essere "centrato sull'utente" (user centered design), cioè adeguato alle capacità e modalità cognitive e di reazione degli esseri umani.

- L'interazione deve seguire modalità di interazione innovative, più intuitive per l'essere umano, quali interfacce vocali e interfacce basate su analisi di posture e gesti dell'utente (ad esempio tramite telecamere che identificano i movimenti dell'utente, o interfacce di tipo tattili con la possibilità di interpretare "gesture" come tocchi multipli, sfioramenti, etc.).
- L'esperienza di interazione tra uomo e macchina (o robot) deve essere migliorata sfruttando le moderne tecnologie della realtà virtuale e della realtà aumentata, che consentono di immergere l'operatore nell'ambiente di lavoro, possibilmente non accessibile o pericoloso, da postazione remota.

Interazione a livello fisico:

- la cooperazione uomo-robot è uno dei campi in crescita della ricerca robotica, aprendo la strada a uno scenario in cui i robot industriali possono essere utilizzati in ambienti non strutturati, non solo con sensori esterni per ottenere la conoscenza dell'ambiente, ma anche cooperando strettamente con esseri umani nell'adempimento di un compito, o almeno a condividere lo stesso luogo di lavoro. La cooperazione uomo-robot colma così il divario tra esecuzione dell'attività completamente manuale o completamente automatizzata: le persone e robot condivideranno capacità di rilevamento, cognitive e fisiche. Nella fabbrica del futuro, i sistemi robotici sono considerati alla stregua di assistenti umani, servendo i lavoratori sul posto di lavoro, permettendo loro di utilizzare le proprie competenze ed esperienze, senza uno sforzo fisico completo, ma come supporto per aumentare le loro capacità di forza, precisione e ripetibilità.
- Debbono essere sviluppate caratteristiche innovative "cognition-based" per i sistemi di controllo dei robot e macchine, allo scopo di sviluppare ambienti di lavoro in cui l'interazione uomo-macchina avvenga nello spazio di lavoro condiviso in modo dinamico e sicuro.
- Debbono essere studiati sistemi di sicurezza intrinseca che consentano la condivisione di ambienti di lavoro tra uomini e robot, annullando tutti i potenziali rischi di questa interazione. I sistemi di controllo si dovranno basare su misure di forza ridondate da analisi degli spazi di lavoro ottenute mediante elaborazione di immagine. Ciò permette di mantenere lo spazio di lavoro sicuro anche in caso di guasto di un componente.
- Debbono essere studiate nuove proposte normative per regolare dal punto di vista legislativo le nuove modalità di interazione tra l'uomo e la macchina.

Inoltre è importante sottolineare le Tecnologie che stanno alla base delle traiettorie di evoluzione:

- Metodi di progettazione e di sviluppo prodotto user-centered
- Componenti ICT per immergere l'utente nel modo fisico della linea di produzione
- Caratteristiche cognitive innovative (ICT) dei sistemi di interazione uomo macchina per implementare una interazione efficace e intuitiva tra l'utente e i Robot.
- Componenti ICT per l'interazione multimodale e multisensoriale tra il robot e l'essere umano, anche sfruttando la ubiquità dei dispositivi mobili e portatili.
- Componenti mecatronici aptici per l'interazione fisica sicura tra uomo e robot.
- Sistemi di realtà virtuale con feedback sensoriale multimodale (es: ambiente virtuali 3D con feedback tattile).

4.2.3 Fattibilità

Questa traiettoria ha elementi di forza nelle competenze relative allo sviluppo di sistemi HMI presenti in moltissime aziende del comparto industriale, in quanto ciascuna macchina automatica,

a controllo numerico, veicolo o specificatamente progettata per un uso personale, ha necessariamente un componente dedicato alla interazione con l'operatore o l'utente.

Dal punto di vista scientifico e tecnico, la rete dell'Alta tecnologia della regione Emilia Romagna ha competenze specifiche nei settori delle tecnologie abilitanti (sistemi di interazione multimodale) e dello studio del fenomeno cognitivo alla base dell'interazione (user centered design).

Gli aspetti di criticità sono legati principalmente alla efficacia delle tecnologie di interazione evolute (sintetizzatori vocali, schermi a tocco multiplo , etc.) in ambienti di lavoro di fabbrica rumorosi o con operatori che indossino protezioni di vario tipo (es. guanti).

Un secondo aspetto di criticità, che riguarda in particolare l'interazione fisica tra uomo e robot, è legato alle normative di sicurezza, che non sono al momento adeguate e per le quali è difficile prevedere una prospettiva temporale.

4.2.4 Fonti bibliografiche principali

- European Factories of the Future Research Association (EFFRA), "Factories of the Future 2020, Factories of the Future Public - Private Partnership Roadmap Validation Edition", 2012. Chapter 7.5 Domain 5: Domain 5: Human - centred manufacturing.
- Jakob Nielsen, "Usability Engineering", Morgan Kaufmann; 1 edition (September 23, 1993)
- Mario Prats, Ángel P. del Pobil and Pedro J. Sanz, "Robot Physical Interaction through the combination of Vision, Tactile and Force Feedback: Applications to Assistive Robotics (Springer Tracts in Advanced Robotics)", Springer; 2013 edition (October 5, 2012)

4.3 Manutenzione avanzata

4.3.1 Descrizione e motivazione della scelta

La manutenzione rappresenta una funzione che attraversa tutte le fasi della gestione del prodotto e risulta strettamente legata agli aspetti strategici quali competitività e redditività, mantenimento del valore, governo della sicurezza, sostenibilità (economica, sociale e ambientale), per citare soltanto quelli più rilevanti. Manutenzione e sviluppo sostenibile, in particolare, condividono una piattaforma di valori e obiettivi destinata ad assumere una posizione primaria nello scenario industriale futuro e a guidarne le relative scelte strategiche.

Processi e politiche di manutenzione hanno recentemente subito una notevole evoluzione soprattutto grazie all'impiego, sempre più pervasivo, di tecnologie ICT in contesti produttivi, su impianti o singole macchine. Questo processo di "digitalizzazione" di ambiti manifatturieri ha portato alla recente affermazione di una disciplina, detta e-maintenance, che esprime un concetto emergente di integrazione della ICT nel processo di manutenzione, al fine di automatizzare le operazioni di gestione, quali diagnostica e prognostica, tramite il monitoraggio e il controllo remoto delle macchine e l'integrazione di tutti i dati provenienti dal campo all'interno del sistema informativo aziendale.

La e-maintenance nasce per monitoraggio e controllo di "large plant", ad esempio nel campo della produzione energetica, ma recenti sviluppi tecnologici in ambito ICT ne hanno permesso l'adozione su "larga scala", ad esempio, per la manutenzione di più impianti di dimensioni contenute oppure di singole macchine distribuite su area geografica.

L'adozione di innovative piattaforme di e-maintenance permetterà di estendere l'insieme degli strumenti di manutenzione disponibili al personale di supporto tecnico, abilitando monitoraggio e

controllo (anche remoto) dei parametri di funzionamento di macchine e impianti. Sulla base dei dati raccolti, le piattaforme di e-maintenance permetteranno di implementare sofisticate funzioni di diagnosi e prognosi, in modo da rendere possibili strategie decisionali “proattive” in diverse aree di gestione quali, ad esempio, la pianificazione e l’ottimizzazione delle attività operative sul campo. Inoltre, i dati di manutenzione raccolti, eventualmente in tempo reale, da macchine e impianti nel post-vendita rappresentano un feedback estremamente importante per guidare il progetto di macchine, impianti e componenti di nuova generazione.

Le possibilità di integrare dati di manutenzione, relativi al funzionamento di macchine e impianti e a interventi di assistenza effettuati, all’interno del sistema informativo aziendale presentano interessanti scenari per quanto riguarda la gestione dei rapporti con i propri Clienti. In questo senso, risultano di particolare interesse soluzioni Enterprise Resource Planning (ERP), per la condivisione di know-how sulla manutenzione all’interno dell’impresa, Customer Relationship Management (CRM), per la gestione delle relazioni con i Clienti, e soluzioni di incident management che permettano di ottimizzare le operazioni di gestione di avarie e guasti riportati dagli utilizzatori di macchine e impianti.

Infine, incrementando significativamente l’efficienza del processo di manutenzione e diminuendone contestualmente i costi, l’e-maintenance abilita l’adozione di modelli di business innovativi, come il performance-driven contracting (o “pay by the hour”), che consentono di allineare le offerte delle imprese alle esigenze dei propri Clienti e di fronteggiare meglio la concorrenza da parte di paesi in via di sviluppo.

4.3.2 Traiettorie di evoluzione

Infrastrutture e tecnologie ICT per la e-maintenance

Si premette che una trattazione più generale delle infrastrutture e tecnologie ICT di supporto alla Meccatronica e Motoristica è presente nella scheda Manufacturing 2.0, qui viene trattato il solo tema della manutenzione.

L’evoluzione di infrastrutture e tecnologie ICT è un elemento chiave abilitante per la realizzazione di piattaforme di e-maintenance. A bordo macchina nuove piattaforme di controllo, basate su componenti COTS (Components off the shelf), offrono elevate capacità computazionali, costi ridotti e flessibilità operativa (potendo utilizzare interi sistemi operativi soft real time anche open source), e possono inoltre controllare una grande varietà di sensoristica avanzata (eg intelligent wireless sensors).

Nuovi modelli organizzativi della funzione Manutenzione

Una piattaforma di e-maintenance permette di innovare il processo di post-vendita e assistenza, sostituendo le tradizionali strategie di manutenzione di tipo “fail and fix” con strategie di tipo “predict and prevent” che, riducendo i tempi di inattività delle macchine dovuti ad avarie e interventi di manutenzione non programmati, sono significativamente più vantaggiose dal punto di vista economico. Tali approcci permettono una ottimizzazione della pianificazione delle operazioni di manutenzione basata sulla conoscenza dello stato di usura dei componenti, nonché un aumento dell’efficienza del servizio di manutenzione attraverso approcci di tipo phone-fix e first-time-fix (FFT).

Diagnostica e prognostica intelligente

Nell'ambito della manutenzione avanzata si inquadrano strumenti di diagnosi precoce di guasto o di detection di condizioni favorevoli al guasto al fine di trasferire parte delle energie e delle risorse profuse nelle azioni di manutenzione correttiva verso quella preventiva: la diagnostica segnala un guasto avvenuto mentre la prognostica individua un guasto incipiente o condizionale. Inoltre tali strumenti consentono di supportare processi decisionali proattivi. In questo campo, andranno indagate la possibilità di sviluppare proprietà di self-monitoring e self-healing delle attrezzature, così come la prognostica e il monitoraggio in sistemi manifatturieri complessi. Inoltre, tecniche di diagnostica e prognostica basate su modelli fisici di macchinari e processi e lo sviluppo di algoritmi di prognostica per calcolare la vita residua utile (Remaining Useful Life - RUL) permetteranno di correlare le condizioni operative variabili ai parametri di performance e di guasto e di ottenere importanti risultati in termini di individuazione di guasti imminenti.

Nuovi modelli di business

La manutenzione avanzata costituisce uno strumento fondamentale per favorire la transizione dalla fornitura di prodotti a quella di servizi. La conoscenza di parametri di funzionamento delle macchine, eventualmente in tempo reale, consente ai costruttori di offrire sottoscrizione di contratti di servizio che specificano e garantiscono una determinata operatività del bene (servitizzazione), attraverso lo sviluppo di architetture di manutenzione avanzata per abilitare l'implementazione di strategie di servitization (services through product)

Feedback su progettazione e processi

I dati derivanti dal monitoraggio, oltre a essere utilizzati direttamente, possono essere elaborati sulla base di modelli e utilizzati per nuovi progetti come pure per regolazioni e settaggi delle macchine sul campo. Le macchine stesse risultano poi dotate di capacità di auto-apprendimento e di auto-regolazione. Una progettazione adattiva basata sui dati di manutenzione permetterà finalmente di giungere a un nuovo modo di integrare la manutenzione nei processi aziendali, interpretandola come una fonte di innovazione sistematica per l'evoluzione dei prodotti.

Self-maintenance e sistemi immuni

La self-maintenance fa riferimento alla capacità di condurre verifiche periodiche di sicurezza e qualità su macchine e processi al fine di individuare e riparare anomalie in modo autonomo. Tale funzionalità suggerisce lo sviluppo di macchine ingegneristicamente immuni in grado di individuare e risolvere propri guasti sul modello dei sistemi biologici che si proteggono da infezioni identificando ed eliminando i potenziali patogeni.

I-Maintenance

Con i-maintenance si intende l'evoluzione dell'e-maintenance verso una manutenzione integrata, intelligente e immediata che può essere resa possibile attraverso l'integrazione di varie funzioni di manutenzione e rendendole accessibili su dispositivi portatili, come ad esempio uno smartphone o tablet, grazie a tecnologie di comunicazione mobile.

L'innovazione principale richiesta per sviluppare sistemi i-Maintenance è quella di integrare i diversi sistemi di gestione delle informazioni e renderli immediatamente accessibili grazie all'uso di tecnologie come l'Internet of Things (IoT), il Cloud Computing, i sistemi analisi dei dati permessi dall'approccio Big Data e le nuove interfacce e soluzioni per la fruizione e la gestione di informazioni in mobilità.

4.3.3 Fattibilità

La ricerca applicata sopra descritta risulta caratterizzata da un forte allineamento con priorità strategiche e indirizzi di ricerca dell'Unione Europea e presenterebbe vantaggi e benefici economici per tutte le parti coinvolte a livello regionale (ie costruttori, clienti e comunità).

Le potenziali opportunità sono rappresentate da progetti trasversali e multidisciplinari che possono condurre allo sviluppo di una reale economia di servizio.

Le competenze e tecnologie disponibili nelle quattro università regionali e nei laboratori della Rete Alta Tecnologia, unitamente alla presenza sul territorio di aziende del settore meccanico, elettronico e informatico rendono il sistema potenzialmente pronto ad affrontare le tematiche descritte.

Tuttavia risulta indispensabile fare rete e sistema per sviluppare e condividere conoscenze in relazione alla complessità e interdisciplinarietà della tecnologia richiesta.

Non si evidenziano criticità se non il rischio che soluzioni proprietarie possano condizionare il mercato. Infatti, soluzioni commerciali a basso livello di integrazione sviluppate da produttori di sistemi ICT e architetture complete di controllo industriale, seppur meno efficaci, potrebbero essere caratterizzate da una più rapida diffusione sul mercato.

4.3.4 Fonti bibliografiche principali

- "ICT for Manufacturing: The ActionPlanT Roadmap for Manufacturing 2.0", ActionPlanT, 2011, <http://www.actionplant-project.eu/>

- "Factories of the Future Strategic Multi-Annual Roadmap: Factories of the Future 2020, Validation Edition", EFFRA, European Factories of the Future Research Association, 2012, <http://www.effra.eu/>

- Jantunen, E., Emmanouilidis, C., Arnaiz, A., Gilabert, E., "E-Maintenance: Trends, Challenges and Opportunities for Modern Industry", Proceedings of the 18th IFAC World Congress, Elsevier, Amsterdam, Holland, pp. 453-458, 2011

- Brink, H., Muthiah, S., Naik, R., "A better way to automate service operations", The McKinsey Quarterly, July 2010 [online], http://www.mckinseyquarterly.com/A_better_way_to_automate_service_operations_2648 (accessed 31 July 2012)

- iMaintenance systems. <http://www.irma-international.org/viewtitle/60219/>

4.4 Fabbrica, linee di produzione e macchine intelligenti e adattative

4.4.1 Descrizione e motivazione della scelta

Il mercato globale di beni e merci segue una dinamica che negli ultimi anni si è sviluppata in maniera sempre più veloce. Infatti, si osserva che i consumi delle popolazioni seguono tendenze contraddistinte da richieste mutevoli e legate a personalizzazioni sempre più spinte. Questa dinamicità richiede che i moderni sistemi produttivi delle industrie manifatturiere siano in grado di coniugare la complessità crescente dei processi controllati con la possibilità di eseguire una riconfigurazione semplice e flessibile della produzione per il soddisfacimento della variabilità dei prodotti.

Tuttavia questa caratteristica non è ancora pienamente implementata nei sistemi manifatturieri. Infatti, anche se generalmente una macchina produttiva è dotata di componenti mecatroniche (i.e. che integrano componenti meccaniche, elettroniche e di controllo e supervisione), tale sistema è progettato per soddisfare una specifica funzione produttiva. L'adattamento della macchina non è sempre immediato, e anzi essa ha una certa rigidità di utilizzo che è contraria alla esigenza di rapida riconfigurazione e quindi alle necessarie flessibilità produttive legate alla dinamica della domanda dei beni.

Questo concetto deve essere applicato in maniera scalata a qualsiasi livello del sistema, dalla configurazione del singolo componente (es. la configurazione meccanica di un organo di presa di un robot), al controllo del modulo di macchina (es. un insieme di motori elettrici dal moto coordinato), fino alla macchina nel suo complesso inteso come elemento unitario produttivo.

E' quindi assolutamente necessario lo sviluppo di un nuovo paradigma di progetto e di nuove tecnologie (meccaniche, elettroniche, materiali, etc.) che supportino l'adattamento automatico del sistema produttivo. Questo nuovo paradigma di progetto dovrà seguire approcci completamente modulari e scalabili per la meccanica, l'elettronica e il software di controllo. Nuove tecnologie dovranno quindi essere sviluppate per tali componenti in modo che questi possano essere riconfigurati nella funzionalità in modo automatico e semplice direttamente sull'impianto produttivo, senza la necessità di intervento del progettista, ma sotto la sola direttiva dell'operatore di macchina (*On-site full reconfiguration*).

4.4.2 Traiettorie di evoluzione

I sistemi di produzione riconfigurabili dovranno presentare caratteristiche innovative per la progettazione orientata alla flessibilità e lo sviluppo di sistemi e tecnologie adattative:

Progettazione orientata alla flessibilità, per lo sviluppo di metodologie di progetto per lo sviluppo di sistemi flessibili, anche attraverso la prototipazione digitale dei sistemi produttivi, nello specifico:

- **Sviluppo di metodi di progetto orientati alla modularità.** Il sistema produttivo dovrà essere progettato e sviluppato utilizzando moduli intercambiabili, che andranno a costituire i componenti di base per lo sviluppo di macchinari (linee di produzione) flessibili. Il concetto di componente modulare deve essere scalato a livello di componente, gruppo e macchina (principio di sostituibilità scalato per funzione). In una macchina modulare e flessibile, la gestione del flusso produttivo sarà organizzata in modo da attivare i moduli mecatronici necessari per ciascuna particolare lavorazione (modalità di cambio flusso produttivo).
- **Applicazioni di tecniche di simulazione e prototipazione rapida della macchina.** Le caratteristiche di adattamento della macchina saranno ottenute anche attraverso tecniche di prototipazione rapida e creazione di modelli virtuali direttamente applicati sui sistemi produttivi (*design in the loop*), quali ad esempio ottenibili attraverso l'uso di stampanti 3D. La prototipazione del sistema di controllo sarà sviluppata mediante tecniche di "software-in-the-loop" (in cui sono simulati sia il sistema di controllo che la macchina fisica), e tecniche di "hardware-in-the-loop" (in cui il sistema di controllo fisico è collegato ad un modello simulato della macchina).
- **Sviluppo di macchine a "zero difetti":** la flessibilità del processo produttivo è strettamente legato alla capacità della macchina di produrre "a zero difetti" a fronte di mutate caratteristiche del prodotto o ambientali. L'obiettivo "zero-difetti" può essere raggiunto attraverso lo studio e la simulazione dell'interazione processo-prodotto e la realizzazione di

mezzi operativi specifici studiati per trattare il prodotto in modo adattativo e, allo stesso tempo, affidabile. I sistemi di controllo dei prodotti in ingresso debbono essere studiati per poter stimare in tempo reale le caratteristiche peculiari e variabili dei prodotti in ingresso e dell'ambiente di lavoro (dimensioni, proprietà fisiche, temperatura, ...) e quindi adattare la configurazione dei mezzi operativi specifici per meglio eseguire le operazioni richieste.

Lo sviluppo di sistemi e tecnologie adattative sono il complemento delle metodologie precedentemente descritte, e debbono assicurare:

- **L'adattamento degli attrezzaggi** di lavorazione e dei mezzi operativi specifici nella macchina in tempi ridotti e gestito in modo automatico dal sistema di controllo in base alle modifiche dei parametri produttivi. La macchina dovrà adattarsi autonomamente al mutato contesto produttivo, cambiando la configurazione degli organi di lavorazione in modo automatico. (modalità di cambio pezzi di lavorazione).
- **Strumenti ICT innovativi** per affrontare i problemi relativi alla gestione della riconfigurazione di macchina. In particolare dovranno essere sviluppate soluzioni di controllo innovative per garantire la necessaria flessibilità nei cambi di produzione, con particolare riguardo alla definizione di protocolli di comunicazione standard tra i componenti meccatronici per supportare la funzionalità di riconfigurazione dinamica.
- **Introduzioni di nuove tecnologie dei materiali:** nuove generazioni di macchine, possibilmente di pesi, masse e dimensioni ridotte, potranno essere ottenute con lo sviluppo di nuove leghe e materiali. Inoltre nuovi materiali magnetorologici ed attuatori a memoria di forma saranno sviluppati per rendere la meccanica adattabile al contesto di funzionamento della macchina.

Inoltre anche in questo caso è importante sottolineare le Tecnologie che stanno alla base delle traiettorie di evoluzione:

- Interfacce meccaniche standard per rendere intercambiabili i moduli meccatronici
- Strumenti di simulazione integrata materiale-processo-prodotto per poter progettare macchine e mezzi operativi specifici intelligenti e adattativi; Strumenti di simulazione cineto-elasto-dinamica degli organi di macchina per lo studio e la progettazione delle strategie di riconfigurazione delle macchine. Strumenti di simulazione multifisici per la progettazione dei nuovi sistemi meccatronici necessari per attuare le strategie di riconfigurazione degli organi di macchina
- Componenti ICT intelligenti per gestire automaticamente l'adattamento degli algoritmi di controllo
- Soluzioni ICT per la modellistica e la simulazione di sistemi ad eventi discreti (e.g. linee di produzione) e sistemi fisici (processi, componenti e gruppi meccatronici).

4.4.3 Fattibilità

La complessità delle macchine e delle funzioni che queste macchine debbono implementare, rendono non facile il problema della progettazione di un sistema che si configuri autonomamente; ciò è reso ancora più complesso dalla mancanza sostanziale di interoperabilità tra i sistemi di controllo di differenti produttori di sistemi di automazione (B&R, Rockwell...)

Ciononostante la conoscenza estesa nel comparto industriale emiliano romagnolo della meccatronica, unita alle competenze e provate esperienze del sistema della ricerca della Rete dell'Alta Tecnologia regionale rende la sfida affrontabile oltre che necessaria. Infatti il problema della riconfigurazione veloce dei processi produttivi è stato accentuato dalla crisi economica. La

capacità di dare una risposta a questa problematica darebbe nuovo impulso al settore con anche potenziale espansione del mercato di riferimento.

4.4.4 Fonti bibliografiche principali

- European Factories of the Future Research Association (EFFRA), “Factories of the Future 2020, Factories of the Future Public - Private Partnership Roadmap Validation Edition”, 2012. Chapter 7.2 Domain 2: Adaptive and smart manufacturing systems.
- Smart Process Manufacturing Engineering Virtual Organization, “Smart process manufacturing: an operations and Technology Roadmap”, 2009, https://smart-process-manufacturing.ucla.edu/presentations-and-reports/spm-operations-technology-roadmap/SmartProcessManufacturingAnOperationsandTechnologyRoadmapFullReport.pdf/at_download/file
- The Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC): “Implementing 21st Century Smart Manufacturing”, 2011, https://smart-process-manufacturing.ucla.edu/about/news/Smart%20Manufacturing%206_24_11.pdf

4.5 Manufacturing 2.0

4.5.1 Descrizione e motivazione della scelta

La rivoluzione digitale che ha già completamente rinnovato tutti i settori dei servizi, quali intrattenimento, comunicazioni, formazione, divulgazione e marketing, sta cominciando a impattare i contesti industriali più consolidati tra cui il Manufacturing di cui il sistema meccatronica e motoristica è parte. Anche in tale ambito, l'informatica e la digitalizzazione dell'informazione avranno un ruolo dirompente su aspetti strategici quali competitività, redditività, sicurezza, flessibilità, sostenibilità (economica, sociale e ambientale), produzione, logistica, commercializzazione. Questa tendenza è oramai percepita da tutti i Paesi industrialmente più avanzati; inoltre, molteplici studi europei di prospettiva, tra cui EFFRA e ActionPlanT, evidenziano la fondamentale importanza delle innovazioni ICT spingendosi a identificare quelle che saranno le principali 40 ICT Research Priorities (RP) che giocheranno un ruolo determinante nell'affermazione del cosiddetto “Manufacturing 2.0” che, anche nella terminologia, richiama l'evoluzione informatica e l'ecosistema Internet. Le RP sono identificate combinando l'approccio “technology push” (con le richieste di innovazione proveniente dal settore manifatturiero (il “market pull”).

Molte delle RP europee si dovranno applicare al contesto regionale se si vorrà che il settore manifatturiero preservi e migliori il suo livello di competitività. In particolare, il Gruppo di Lavoro suggerisce di focalizzarsi soprattutto su aree di intervento che promettono di ridisegnare il concetto stesso di produzione, al fine di passare dalla “mass production” (ormai predominio dei Paesi asiatici) alla “individualized production”, che è molto più adeguato alla realtà dei sistemi e dei distretti produttivi dell'Emilia-Romagna, composti principalmente da PMI che fanno dell'agilità, flessibilità e reattività al mercato i loro punti di forza. Le nuove tecnologie informatiche e digitali consentiranno alle aziende regionali di aprirsi a nuovi modelli di business, ad esempio **aggiungendo ai prodotti una vasta gamma di servizi a valore aggiunto** che consentano di incrementare la redditività su scenari competitivi globali. Si portano all'attenzione due casi esemplari, uno positivo ed uno negativo, nello scenario internazionale:

- la Rolls Royce, invece di vendere motori per aereo, oggi fattura il numero di ore di funzionamento dei motori, controllandole con tecnologie ICT da remoto e garantendo manutenzione preventiva;
- Kodak è stata la prima al mondo a sviluppare la tecnologia fotografica digitale ma non è riuscita a tenere il passo di una tale innovazione, se 10 anni fa impiegava 140.000 persone e valeva 28 miliardi di dollari; oggi è in fallimento

Se il tessuto regionale, nelle sue componenti produttive e di ricerca, saprà raccogliere le sfide del Manufacturing 2.0 riuscirà anche a ridurre le spinte verso la delocalizzazione, perché il basso costo del lavoro nei paesi emergenti non sarà attrattivo quanto la presenza delle professionalità di elevata qualità, che sono fondamentali per le fabbriche del futuro e che sono ben presenti nella nostra regione.

4.5.2 Traiettorie di evoluzione

Sebbene la totalità delle 40 priorità europee siano di grande rilevanza, si ritiene che alcune possano essere considerate come prioritarie, in quanto più adatte alle caratteristiche e tipologie del settore manifatturiero regionale.

- **Smart products and services:** l'integrazione di tecnologie basata sul paradigma "Internet degli oggetti" nel processo manifatturiero e nei beni e servizi permetterà la realizzazione di prodotti e servizi che saranno **integrati in un'infrastruttura software con capacità di comunicazione**, diventando smart e quindi in grado di reagire al contesto e ai bisogni dell'utente.
- **Hardware COTS per i sistemi di controllo:** sistemi Single-Board Computer (SBC), che consentono l'utilizzo di un sistema operativo completo (es. basato su Linux), e quindi modelli di programmazione di alto livello, facilità di integrazione, e riuso di componenti software esistenti, rappresentano una piattaforma di estremo interesse per il controllo e per il supporto della sensoristica e delle applicazioni in ambito Internet degli oggetti o IoT.
- **Piattaforme di controllo post-PLC:** un mondo di macchine intelligenti e di oggetti collegati via Internet impone di superare piattaforme e paradigmi di controllo centralizzati (come il mondo dei PLC) e richiede l'adozione di piattaforme software (possibilmente in sistemi aperti e Open Source) in grado di gestire alti livelli di astrazione e di facilitare integrazione di componenti hardware, per esempio SBC, e software eterogenei e distribuiti anche su scala geografica.
- **Componenti Software Open Source:** il fatto che grande parte dei sistemi di elettronica e automazione industriale sia sviluppato in una logica "proprietaria", sulla base di componenti prodotti da grandi multinazionali come Siemens e Rockwell, **genera un lock-in** delle nostre aziende che ne limita la capacità di innovazione e anche la redditività. La disponibilità di maturi componenti Open Source, come piattaforme di sviluppo, strumenti di management, librerie per la gestione bus di comunicazione, interfacce e architetture di comunicazione Web-based, soluzioni per la sicurezza e ambienti/servizi per la raccolta/analisi dei dati, è fondamentale per facilitare il cammino verso il Manufacturing 2.0.
- **Social additive Manufacturing:** Il manufacturing additivo (3D printing) sta già dimostrando le sue potenzialità di rivoluzionare i sistemi di produzione. L'introduzione di tecnologie informatiche orientate all'abilitazione di dinamiche collaborative e social sta portando questa nuova tipologia di manufacturing (personalizzato e su piccola scala) alla portata di un vastissimo pubblico, di progettisti, designer, ingegneri e utenti.

4.5.3 Fattibilità

Il Gruppo di Lavoro ritiene che il sistema regionale, inteso come sistema produttivo, della ricerca e delle istituzioni, abbia tutte le potenzialità e capacità per sviluppare adeguatamente le traiettorie di evoluzione proposte e favorirne un'ampia applicazione per raggiungere l'obiettivo Manufacturing 2.0, sia in termini di processi produttivi sia di servizi e di prodotti. Infatti:

- Nel territorio emiliano-romagnolo la copertura di rete fissa e mobile per l'accesso a internet è significativamente aumentata negli ultimi anni. Nel 2011 il 94% delle imprese emiliano-romagnole con almeno 10 addetti ha una connessione internet e l'87% dispone di una connessione in banda larga (fissa o mobile). L'utilizzo delle connessioni su rete mobile nelle imprese della regione Emilia-Romagna (presenti nel 53% delle aziende di cui il 51% è a banda larga) è più diffuso rispetto al resto d'Italia e dell'Europa a 27.
- Il precedente piano regionale, attraverso la creazione della rete ad Alta Tecnologia, aveva già investito per favorire un avvicinamento di Università e centri di ricerche verso il settore produttivo e si ritiene che ci siano già buoni esempi e pratiche da estendere e da portare all'attenzione di tutto il contesto manifatturiero
- Per quanto concerne i problemi culturali e metodologici legati all'innovazione, sono già attivi molteplici master, corsi di specializzazione e professionalizzanti a tutti i livelli.

Si vogliono qui mettere a fuoco anche le principali criticità del sistema regionale al fine di progettare azioni di accompagnamento mirate ed efficaci.

- Cultura "proprietaria" radicata. Le soluzioni software proprietarie sono ancora percepite come più solide ed efficienti, sia all'interno delle aziende sia presso i loro clienti, in questo modo rinforzando il lock-in che lega il nostro sistema produttivo alle (poche) multinazionali che forniscono tecnologie di automazione e impedendo quindi di cogliere gli enormi vantaggi che possono derivare dall'adozione di componenti e metodologie di sviluppo Open Source.
- Nel sistema, soprattutto a livello di quadri/dirigenti, si riscontra una limitata competenza informatica e una scarsa percezione delle potenzialità delle moderne tecnologie e metodologie informatiche nate nell'ecosistema Internet. Anche solo il confronto con i tempi rapidissimi a cui si muove la rete crea un clima di diffidenza che non favorisce l'innovazione (l'ICT è tuttora visto come un costo, magari per acquisire un software gestionale, e non come un'opportunità di innovazione per prodotti, processi e servizi), oltre al tipico danno economico di un mercato asimmetrico dove i clienti non sono in grado di comprendere il reale valore dei beni e servizi che vengono proposti dai fornitori.
- Oltre ai problemi culturali descritti al punto precedente, si deve fare notare che la dimensione medio-piccola di molte aziende in regione rende ancora più complesso intraprendere azioni di innovazione.
- Le aziende preferiscono investire in ricerche con orizzonti temporali a più breve termine rispetto a quelli di interesse accademico. Pertanto, si auspica che la politica intervenga proprio nel ridurre il distacco tra questi obiettivi divergenti.

L'evoluzione verso il Manufacturing 2.0 può essere facilitata se saranno portate avanti azioni di accompagnamento coordinate tra tutti gli stakeholder del territorio, in particolare Università e centri di ricerca, settore produttivo ed enti locali competenti. Affinché si possa sviluppare un ecosistema di imprese che possa appropriarsi efficacemente delle tecnologie ICT e che possa anche mutuarne le metodologie vincenti (opportunamente adattate a questo contesto), si ritiene che il sistema dovrà portare avanti interventi di tipo organizzativo, procedurale e soprattutto di crescita culturale, sostenendo quindi i necessari investimenti economici.

- Per quanto riguarda i problemi culturali e metodologici, si tratterebbe di aumentare i master e i corsi di specializzazione e diffonderli orientandoli anche ai quadri direttivi e ai dipendenti in quanto c'è un'estrema necessità di integrazione e riconversione delle competenze.
- Valorizzare e incentivare quella parte della ricerca accademica che si avvicina alle esigenze della ricerca industriale e attivare un cambiamento della struttura di supporto amministrativa/organizzativa delle strutture pubbliche di ricerca che spesso non hanno gli strumenti e i tempi per sostenere i loro ricercatori nei contatti con il tessuto produttivo.
- Vista la forte presenza di aziende medio-piccole che certamente trovano molta difficoltà a investire su temi di ricerca nel settore IT, si ritiene che si dovrebbero progettare azioni di ricerca e innovazione da portare avanti in modo aggregato e coordinato.

4.5.4 Fonti bibliografiche principali

- Factories of the Future 2020, validation edition, European Factories of the Future Research Association, 2012.
- ICT for Manufacturing, The ActionPlanT Roadmap for Manufacturing 2.0, 2012.
- Benchmarking della società dell'informazione in Emilia-Romagna, pubblicato dalla Regione Emilia-Romagna, maggio 2013

4.6 Sistemi robotizzati autonomi

4.6.1 Descrizione e motivazione della scelta

I robot in generale consentono di risparmiare tempo e denaro, migliorare la qualità dei prodotti e le condizioni di lavoro, ridurre il consumo di risorse. Questo è vero nelle tradizionali applicazioni di robot di manipolazione e lo sarà ancor di più in altri settori, industriali e non, in cui i robot trovano un sempre maggior impiego. Infatti, dispositivi robotici sono sempre più frequentemente utilizzati in diversi tipi di contesti, che possono essere genericamente suddivisi in: applicazioni industriali, servizi professionali, uso domestico, sicurezza, applicazioni nello spazio o sottomarine. Questa prospettiva di impiego futuro dei robot è condivisa in tutti i documenti circolati a livello internazionale dalle principali agenzie di ricerca e associazioni del settore.

Alcune caratteristiche comuni a questi contesti operativi sono: ambienti poco o per niente strutturati, la presenza di operatori umani (a volte non tecnici specialistici di robot), operazioni complesse da eseguire su/con oggetti diversificati, spesso capacità di movimento autonomo e la eventuale necessità di coordinarsi con altri dispositivi robotici o macchine ovvero con operatori umani. Queste caratteristiche pongono ovviamente sfide tecnologiche cui i sistemi robotici del futuro dovranno rispondere, come ad esempio: sensori evoluti, sistemi di elaborazione adeguati, capacità di locomozione e di manipolazione, autonomia decisionale, sicurezza intrinseca, sofisticate interfacce uomo macchina, azionamenti e sistemi di immagazzinamento di energia.

Nel contesto produttivo regionale lo sviluppo di soluzioni tecnologiche in questi settori, ed in particolare in quelli legati a sistemi robotici mobili, potrà essere di grande beneficio certamente per industrie che già si occupano di tali dispositivi (in regione vi sono aziende che si occupano ad esempio di logistica e magazzini robotizzati). Comunque, anche altre aziende non specializzate in robotica potranno avere riscontri positivi dalla disponibilità di tecnologie derivanti da questo ambito. Infatti, la disponibilità di sistemi robotici autonomi è di grande rilevanza per aziende quali ad esempio quelle operanti nel settore della movimentazione terra, agricolo, del giardinaggio,

ovvero nell'industria manifatturiera con robot "worker" o "co-worker" (per il trasporto di componenti e pezzi, o per l'aiuto diretto agli operatori in operazioni di assemblaggio), ovvero nel trasporto urbano (per la riduzione del traffico e dell'inquinamento), o ancora nel settore medico con robot per aiuto a disabili o anziani, o per la riabilitazione. Altri ambiti regionali che potrebbero vedere un proficuo impiego di queste tecnologie sono quelli degli interventi in situazioni critiche (terremoti, incendi, inondazioni), il monitoraggio ambientale e di strutture, quello di monumenti storici.

4.6.2 Traiettorie di evoluzione

La disponibilità di sistemi robotici autonomi atti ad operare nelle situazioni descritte precedentemente si basa sullo sviluppo e l'integrazione di una serie di tecnologie, tra le quali si possono elencare le seguenti, suddivise tra tecnologie di base, per la locomozione, la manipolazione, e per il controllo.

Tecnologie di base

- **Sensori:** in ambienti dinamici, non strutturati e non noti a priori, sistemi robotici autonomi devono possedere dotazioni sensoriali molto più ricche rispetto ai robot tradizionali, auspicabilmente di basso costo e ridotte dimensioni. Oltre ai tipici sensori propriocettivi (posizione/velocità/assetto), altri sistemi sensoriali di tipo eterocettivo, ad esempio sistemi di visione, autolocalizzazione (e.g. GPS), laser, sensori di tipo tattile, forza/coppia, etc., devono essere sviluppati ed integrati nei dispositivi robotici. Sensori basati su tecnologie diverse sono in grado di percepire il mondo circostante con precisioni, accuratezze, e sensibilità diverse. La fusione dei dati provenienti sia da sensori basati su tecnologie differenti che da sensori omogenei ma con posizioni e orientazioni differenti è infatti un'altra importante linea di sviluppo.
- **Azionamenti compatti e di nuova concezione:** nella stragrande maggioranza dei casi, oggi i motori utilizzati in robotica sono motori elettrici di tipo brushless, che certamente offrono prestazioni adeguate per moltissime applicazioni industriali. D'altra parte, nei contesti previsti la disponibilità di nuovi azionamenti di masse più contenute, costi ridotti, e che oltre alle attuali prestazioni possano rispondere anche ad altre esigenze (come ad esempio la riduzione dei consumi, o sicurezza intrinseca) è senz'altro di rilevante interesse e consentirebbe una reale diffusione di queste tecnologie.
- **Sistemi intrinsecamente sicuri:** dovendo i sistemi robotici futuri operare in ambienti in cui sono presenti operatori umani, o addirittura collaborare con loro per l'esecuzione di compiti, è necessario che tali sistemi siano intrinsecamente sicuri per l'uomo. Si ottiene questo risultato tramite opportune leggi di controllo (basate su sistemi sensoriali appropriati) ma, ancora meglio, con il progetto mecatronico di nuovi dispositivi, in particolare di giunti a cedevolezza variabile in grado in ogni caso di non recare danni ad operatori umani.
- **Nuovi materiali:** lo sviluppo di nuovi materiali con prestazioni migliori rispetto agli attuali in termini di leggerezza, robustezza, affidabilità, impatto vibro-acustico e durata contribuirà notevolmente alla diffusione di nuovi robot in questi nuovi contesti operativi.
- **Sistemi di accumulo energia:** nuovi sistemi di accumulo di energia elettrica (batterie) saranno fondamentali per avere sistemi autonomi in grado di operare per tempi significativi anche in condizioni critiche e lontano da sorgenti elettriche.

Sistemi di locomozione

- **Terrestre:** in molte applicazioni, industriali o no, i robot dovranno essere dotati di capacità di muoversi su terreni anche sconnessi. Sistemi basati su ruote o cingoli dovranno essere perfezionati per garantire capacità di movimento non solo su strade o in magazzini industriali, ma anche in terreni impervi ed accidentati, con eventuale presenza di fango o neve.
- **Aereo:** in molti ambiti di sorveglianza, monitoraggio ed ispezione è richiesta la presenza di sistemi volanti, che possono essere ad ala fissa (aeroplani), rotante (elicotteri) o battente (come gli uccelli). Ciascuna soluzione presenta aspetti positivi (da sfruttare in base alla particolare applicazione) e negativi, che è opportuno studiare al fine di apportare le opportune migliorie per le prossime generazioni di sistemi robotici volanti.
- **Nautico:** sempre più di frequente sistemi robotici sono utilizzati in ambiente marino per esplorazione, scopi scientifici, sfruttamento delle risorse naturali, sistemi di energia rinnovabile. Sono impiegati sia dispositivi di superficie che subacquei, richiedendo lo sviluppo di sistemi compatti di locomozione a basso consumo energetico e con caratteristiche specifiche per resistere alle particolari caratteristiche operative.

Sistemi di manipolazione

- **Braccia “lightweight” ridondanti** (con almeno 7 gradi di libertà): sono uno dei presupposti per potere interagire in modo ottimale con l’ambiente. La ridondanza permette di ottimizzare i movimenti dei bracci e delle eventuali basi di trasporto, abbassando le richieste energetiche e la complessità di controllo (p.e. è energeticamente meglio il movimento del solo braccio che non quello dell’eventuale piattaforma robotica)
- **Organi di presa multi-dita** (possibilmente antropomorfi): è auspicabile un loro utilizzo in quanto in questo modo sarà possibile afferrare e manipolare oggetti con grande varietà di forma, peso e dimensioni (similmente all’operatore umano); si dovrà anche considerare una dotazione sensoriale che comprende sensori tattili e di forza/coppia.

Sistemi di interfaccia, elaborazione e controllo

- **Interazione uomo/macchina:** la disponibilità di sistemi hw/sw in grado di consentire una facile interazione tra operatori umani e dispositivi robotici, o più in generale tra uomini e macchine automatiche, è uno dei punti centrali su cui molti fornitori e produttori stanno investendo risorse. Le interfacce devono essere sia semplici ed intuitive da utilizzare che fornire all’operatore le informazioni necessarie per un eventuale controllo dello svolgimento delle operazioni. Tecnologie quali: sistemi “aptici” per il ritorno di forza (e il telecontrollo/telem manipolazione); strumenti di realtà aumentata; dispositivi multi-touch ecc. sono sempre più utilizzati in questi contesti, anche se molto vi è ancora da sviluppare sia da un punto di vista hardware che software (vedasi anche scheda specifica).
- **Sistemi embedded:** per sistemi embedded si intendono in generale sistemi di elaborazione inseriti in altri dispositivi non utilizzati come strumenti di calcolo (es. telefoni cellulari o sistemi per l’automotive). Normalmente, il progetto di tali dispositivi è sviluppato in modo integrato con la particolare applicazione e diventa fondamentale nel caso di sistemi robotici autonomi, in cui il grado di complessità delle azioni da prendere (e quindi dei supporti di calcolo) è molto elevato.
- **Algoritmi di controllo e tecniche cognitive:** l’ottenimento di sistemi robotici in grado di eseguire complesse operazioni in modo autonomo si basa su complessi algoritmi di controllo del movimento e dell’interazione e sull’impiego di tecniche cognitive per l’elaborazione di moli ingenti di informazioni e l’ottenimento di opportuni comportamenti in base all’ambiente e alle attività da sviluppare. Sarà quindi opportuno lo sviluppo sia di

tecniche basate su approcci “classici” della teoria del controllo che di tecniche derivanti dall’intelligenza artificiale e dalla neuroscienza.

4.6.3 Fattibilità

Il comparto industriale regionale, pur annoverando alcune ditte che si occupano di produzione robotica, non ha in questo ambito una tradizione e un mercato così consolidato come in altri settori (es. il packaging o l’automotive). Vi sono alcuni casi notevoli, ma in gran parte le aziende del territorio personalizzano o utilizzano sistemi robotici. D’altro canto, la tradizione di meccanica avanzata e le competenze di progettazione integrata di dispositivi mecatronici presenti in regione fanno ritenere che molti dei problemi tecnologici esposti in precedenza potrebbero essere positivamente risolti da azioni sinergiche di ricerca sviluppate localmente. Vi sono infatti a livello regionale sia notevoli capacità tecnologiche da parte di moltissime aziende nei settori primari elencati in precedenza (azionamenti elettrici, progettazione meccanica, ecc.), che rilevanti competenze ed esperienze sviluppate da diversi gruppi di ricerca. Essendo inoltre quello della robotica per i servizi un settore in crescita esponenziale, è inoltre facile prevedere in futuro la nascita di nuove aziende e spin-off che si potranno affiancare a ben consolidate e più tradizionali aziende emiliano-romagnole e in grado di offrire soluzioni innovative anche in questo settore. Per questi motivi, il territorio regionale ha senz’altro le caratteristiche necessarie dal punto di vista di capacità, competenze e tradizione, per sviluppare soluzioni mecatroniche in grado di rispondere alle esigenze di sistemi robotici del domani.

Per quanto riguarda gli indirizzi di ricerca da sviluppare, senz’altro le tecnologie di base, essendo trasversali anche ad altre applicazioni (macchine automatiche, automotive, eccetera) potranno facilmente vedere molto interesse sia da parte di aziende che da parte dei centri di ricerca regionali. Inoltre, le applicazioni di principale interesse attualmente per le aziende (e quindi su cui probabilmente si potrà più facilmente convogliare sforzi di sviluppo) riguardano lo sviluppo di sistemi robotici autonomi per la logistica industriale (magazzini automatici), integrazione di sistemi di visione in applicazioni complesse di manipolazione e trasporto, l’uso di sistemi robotici in industria manifatturiera come “collaboratori” di operatori umani.

4.6.4 Fonti bibliografiche principali

- “Robotic Vision to 2020 and Beyond”, European Robotics Platform, <http://www.robotics-platform.eu/>
- “Factories of the Future Strategic Multi-Annual Roadmap: Factories of the Future 2020, Validation Edition”, EFFRA, European Factories of the Future Research Association, <http://www.effra.eu/>
- “World Robotics: Service Robots 2012”, International Federation of Robotics, <http://www.ifr.org/>

4.7 Miniaturizzazione

4.7.1 Descrizione e motivazione della scelta

La riduzione nelle scale dimensionali è uno degli assi tecnologici portanti che hanno caratterizzato l’ultimo decennio; la miniaturizzazione è da sempre presente nella microelettronica ma lo studio delle micro e delle nanotecnologie ne sta estendendo i confini in ambito multidisciplinare. Si tratta di una tendenza estremamente pervasiva che incoraggia e abilita la convergenza tra discipline e ambiti tecnologico-scientifici diversi (Materiali intelligenti, Nanomateriali, Elettronica Flessibile,

Fotonica, Biotecnologie) ed è in linea con gli “Advanced manufacturing processes” descritti nella roadmap FACTORIES OF THE FUTURE 2020 e il Megatrend “Tecnologie innovative del Futuro”.

La traiettoria miniaturizzazione riguarda l’aumento della densità di componenti e sistemi e al contempo l’incremento delle funzionalità erogate in spazi estremamente ristretti; ciò è reso possibile grazie alla fabbricazione di microdispositivi, come:

- MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) con un’ampia gamma di applicazioni che vanno dai sensori agli attuatori, alla robotica, agli accelerometri, alle micro valvole, ai controlli di flusso, ai componenti per GPS, etc. fino a sistemi complessi LOC (Lab-on-chip) per analisi chimico-fisiche
- MOEMS (Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems) che coniugano le potenzialità dei MEMS con l’ottica integrata per il rilevamento o la manipolazione di segnali ottici

Questi dispositivi, realizzati con Tecnologie Planari (lavorazioni superficiali su wafer consistenti in una ripetizione di processi elementari), possono essere integrati in modo monolitico o ibrido con elettronica di controllo e sistemi di comunicazione wireless

E’ importante ricordare inoltre come la miniaturizzazione risponde anche alle esigenze di efficienza energetica e smart manufacturing, mentre l’utilizzo di nuovi materiali “green” può indirizzare alla realizzazione di prodotti a basso impatto ambientale.

4.7.2 Traiettorie di evoluzione

Volendo proiettare le principali tecnologie legate alla miniaturizzazione su una prospettiva temporale di 15 anni si evidenziano:

Microsistemi basati su Silicio

La fabbricazione di microsistemi a base silicio è ben consolidata in Italia solo presso grandi realtà. STMicroelectronics, produce, ad esempio, i sensori di movimento presenti in Wii, iPad e iPhone, mentre la testina a getto di inchiostro è ed è tutt’ora prodotta dalla Olivetti ad Arnad. Purtroppo questa sede, che agisce anche come Silicon Foundry per la fabbricazione di Microsistemi su commessa, è in fase di chiusura. Al momento è disponibile un’altra Silicon Foundry presso la FBK di Trento. Mini produzioni sono possibili presso i laboratori della Rete Alta Tecnologia.

Microsistemi basati su altri materiali inorganici.

Dispositivi ottici integrati, sensori di gas, rivelatori di fotoni, da realizzarsi su di una vasta gamma di substrati solidi inorganici.

Microsistemi flessibili basati su polimeri

Materiale siliconico PDMS per sistemi microfluidici. Una volta realizzato lo stampo si possono produrre le repliche con bassissimo costo. Biocompatibile e ideale per dispositivi usa e getta. Può replicare strutture con una risoluzione inferiore ai 50 nm.

Microdispositivi su substrati plastici flessibili (p.e. PET) realizzati con film a base organica e inorganica e in generale tutte le tecnologie ibride multi materiale

Microsistemi flessibili basati su materiali biocompatibili e biodegradabili

Microdispositivi su substrati flessibili di origine biologica (p.e. Fibroina della Seta) realizzati con film a base organica. Biocompatibili, biodegradabili e ideali per dispositivi usa e getta

Dispositivi basati su Materiali Nanostrutturati

Allotropi del Carbonio (fullereni, nanotubi, grafene) integrabili nei microsistemi e come costituenti base dei NEMS (nanoelectromechanical systems). Microfibre, e materiali compositi con fase dispersa particellare o fibrosa.

Integrazione con elettronica di controllo e sistemi di comunicazione wireless autoalimentati.

Un utilizzo efficiente di sensori e microsistemi deve contemplare una miniaturizzazione ed integrazione della elettronica di controllo e di sistemi di comunicazione wireless. In questo modo diversi dispositivi possono formare dei wireless sensor network (WSN) ed essere autoalimentati dalla forma di energia disponibile, oppure essere "dormienti" ed accendersi mediante un campo elettromagnetico esterno (tipo RFID). Sensori dotati di autoalimentazione e di comunicazione radio saranno in futuro sempre più pervasivi, ad esempio nel bio-medicale, nell'automotive, nell'automazione industriale e nella security, e potranno essere montati a decine su una macchina per valutare il grado di invecchiamento delle varie parti e garantire una riparazione prima del guasto effettivo.

4.7.3 Fattibilità

La competitività del sistema non può prescindere dalla riduzione del gap tecnologico sulle capacità di progettazione e realizzazione di microsistemi, che si può avvalere delle ben consolidate competenze e tecnologie disponibili nei laboratori della Rete Alta Tecnologia. I microsistemi e le loro tecnologie di fabbricazione sono infatti spendibili in tutti gli ambiti manifatturieri, aprendo la possibilità di ampi mercati di destinazione.

Considerata però la preponderante presenza di PMI nel tessuto produttivo regionale è opportuno tenere conto del costo di installazione di una linea di produzione basata su micro e nanotecnologie.

Per quanto riguarda i Microsistemi flessibili basati su polimeri è possibile realizzare linee di produzione a basso costo di installazione, mentre i dispositivi basati su tecnologie a base silicio o altri materiali inorganici difficilmente possono essere prodotti in house e ci si deve avvalere di "Silicon foundry". La disponibilità di una Silicon foundry, creata ad hoc per il sistema produttivo regionale, potrebbe essere un fattore estremamente competitivo.

Esiste poi, al momento, una incertezza sullo scale-up e il costo di installazione di linee produttive di Microsistemi flessibili basati su materiali biocompatibili e biodegradabili.

Ulteriore elemento da tenere sotto controllo sono i possibili rischi per la salute derivanti dalla fabbricazione e dall'utilizzo di materiali nano strutturati: a titolo di esempio si può citare la supposta pericolosità dei nanotubi di carbonio nell'indurre patologie simili a quelle causate dall'amianto.

4.7.4 Fonti bibliografiche principali

- "In-line Microfluidics Process Analysis" in "Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation Cluster" Technical Insights di Frost & Sullivan
- "Top Technologies in Sensors and Control Cluster" Technical Insights di Frost & Sullivan
- "Multi-Material Joining Technologies" in "Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation Cluster" Technical Insights di Frost & Sullivan

4.8 Sistemi di trasporto intelligente

4.8.1 Descrizione e motivazione della scelta

La crescente importanza dei Sistemi di Trasporto Intelligente è testimoniata a livello Europeo dal forte investimento [5, 8] nella creazione di linee di intervento finalizzate alla realizzazione di progetti congiunti internazionali e dall' European New Car Assessment Programme (**Euro NCAP**) che ha fissato nuovi standard per la valutazione della sicurezza dei nuovi veicoli. A livello Italiano recentemente - Gazzetta Ufficiale (G.U. 72 del 26/3/13) – è stato pubblicato un decreto che definisce le azioni per favorire la diffusione dei Sistemi di Trasporto Intelligente [3, 5].

Questa notevole attenzione è motivata dall'elevatissima mortalità sulle strade Europee che conta 40.000 decessi all'anno e dall'analisi delle statistiche di incidentalità che indicano che il guidatore è responsabile di più del 90% dei sinistri. Obiettivo delle varie azioni è quindi fornire al guidatore nuovi strumenti per aumentare la sicurezza alla guida, oltre che il comfort. I sistemi di aiuto al guidatore (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) sono ora infatti il centro delle ricerche di tutte le case automobilistiche e degli istituti di ricerca collegati.

Altro importante elemento da considerare è che la **completa automazione** dei veicoli (dove l'elettronica sostituisce il guidatore) porterebbe inoltre innumerevoli vantaggi al problema traffico introducendo nuovi modelli di mobilità.

La testimonianza dell'importanza di questi sistemi totalmente o parzialmente autonomi è sottolineata anche dalle recenti introduzioni nella legislazione americana di specifiche leggi per consentire l'uso su strada di veicoli equipaggiati con queste tecnologie innovative. Fino ad ora il Nevada, la California e la Florida hanno già terminato la fase di introduzione di specifiche targhe per veicoli a guida automatica, mentre altri 10 stati americani -così come alcuni stati europei- sono in procinto di introdurre simili regole.

Queste tecnologie saranno comunque applicate con maggiore immediatezza in ambiti differenti da quello automobilistico; ad esempio nell'ambito agricolo la possibilità di movimentare in modo autonomo trattori o mezzi per il lavoro dei campi consentirebbe un aumento e un'ottimizzazione della produttività. Simili vantaggi deriverebbero dall'applicazione di queste tecnologie in ambiti quali quello minerario, movimentazione terra e costruzioni. Fatta salva l'ambientazione differente (e quindi un sistema di percezione specifico per ogni ambito applicativo) la tecnologia e le tecniche per l'automazione veicolare sono ampiamente condivise tra tutti gli ambiti menzionati. Questo dimostra l'importanza dello sviluppo di questa disciplina, assolutamente trasversale rispetto a molteplici domini applicativi.

4.8.2 Traiettorie di evoluzione

L'evoluzione dei sistemi di trasporto e di movimentazione intelligenti, la cui agenda è condivisa a livello internazionale, prevede che **nei prossimi 5 anni** i veicoli integrino un numero sempre maggiore di sensori e una capacità decisionale sempre più profonda. Contemporaneamente la traiettoria evolutiva di questi sistemi porterà nel giro di una **decina di anni** alla disponibilità di veicoli in grado di muoversi automaticamente su percorsi/ambienti prefissati (ad esempio corsie preferenziali autostradali). La completa automazione in ambito urbano sarà successiva a questa fase e si ritiene possa avvenire nel giro di **15-20 anni**.

Il **fattore abilitante** che promuove l'evoluzione lungo queste direttive è la disponibilità di sistemi di percezione intelligente che permettano al veicolo di comprendere l'ambiente in cui è immerso. Per raggiungere questo scopo, la ricerca applicata deve essere promossa sui seguenti temi:

- **Sensori innovativi:** studio di tecnologie innovative per lo sviluppo e l'utilizzo di sensori con capacità di percepire l'ambiente in modo dettagliato e complementare. Di basilare importanza sono i sensori di basso costo e che permettono una integrazione spinta in quanto diventeranno il fattore abilitante per la diffusione di massa dei sistemi ADAS: in particolare si fa riferimento alle tecnologie basate su visione artificiale che permettono di raggiungere livelli interpretativi dell'informazione iconica molto spinti pur mantenendo una dimensione miniaturizzata e un costo molto ridotto. Questi sistemi avranno una diffusione capillare sui veicoli delle prossime generazioni. Punto fondamentale nella scelta della tecnologia di percezione è la possibilità di integrare il sensore all'interno del veicolo senza alterarne l'aspetto esteriore. La mancanza di integrazione a bordo veicolo di un particolare sensore può inficiarne l'effettiva applicabilità e industrializzazione. Un tema particolarmente importante è quindi l'integrazione spinta della sensoristica che influenza pesantemente la scelta della tecnologia.
- **Tecniche di elaborazione dei segnali in ambito veicolistico:** sviluppo e test di tecniche per l'elaborazione di segnali provenienti da sensori installati a bordo veicolo. La caratteristica principale su cui sono basate tali tecniche, e che le differenzia dall'elaborazione dei segnali studiata in laboratorio, è la robustezza alle principali problematiche tipiche dell'ambiente veicolistico, quali illuminazione non controllabile, vibrazioni, interferenze elettromagnetiche, diverse condizioni meteorologiche, cicli di temperatura.
- **Tecniche di calibrazione:** uno dei requisiti fondamentali per l'industrializzazione delle applicazioni descritte è la realizzazione di una semplice ed efficace procedura di calibrazione dei sensori. Inoltre i sensori e la loro installazione, oltre a necessitare di una calibrazione in fabbrica, richiedono una costante verifica anche durante il loro utilizzo; tecniche di calibrazione automatica sono un requisito imprescindibile in quanto l'ambiente di utilizzo (vibrazioni, shock, rumore elettromagnetico, cicli estremi di temperatura) ne può modificare le caratteristiche e l'orientazione nel tempo.
- **Tecniche di fusione sensoriale (data fusion):** sviluppo di tecniche per l'aggregazione di dati provenienti da centri informativi diversi, anche basati su differenti tecnologie. È inclusa anche l'aggregazione di dati provenienti dall'esterno quali informazioni sul traffico, geolocalizzazione via GPS, ed elaborazione di informazioni provenienti da mappe preimpostate a bordo veicolo.
- **Comprensione del contesto (situation awareness):** le decisioni del sistema finale dovranno basarsi sul contesto in cui il veicolo è immerso, unitamente al livello di pericolo della situazione contingente. Ciò è ottenuto mediante ragionamenti e confronto con scenari di esempio.

Una volta sviluppati con successo i temi elencati sopra, il veicolo sarà in grado di utilizzare le informazioni sull'ambiente circostante per aiutare il guidatore nel caso di guida manuale, e per ottimizzare le manovre e le traiettorie nel caso di guida automatica. Alcuni esempi di funzionalità aggiuntive ottenibili grazie alla fruizione della conoscenza accumulata all'interno del veicolo (come ad esempio presenza di altri veicoli nelle vicinanze, pedoni, ciclisti, curvatura della carreggiata, numero di corsie,...) sono: **risparmio del carburante**, ottimizzazione dei percorsi per la **diminuzione del tempo di percorrenza**, oltre che ovviamente anche alla possibilità di **estendere la mobilità in forma sicura** a tutta la popolazione. È importante sottolineare che uno dei vantaggi menzionati (la riduzione dei consumi) può essere ottenuta con metodologie differenti e sinergiche: agendo direttamente sul motore, rendendolo più efficiente e mediante la modifica dello stile di guida.. In altre parole, il veicolo sensorizzato -e cioè informato sullo stato

dell'ambiente esterno- puo` ottimizzare la velocita` e il funzionamento del motore, intervenendo a livello comportamentale, ottenendo quindi una riduzione dei consumi e delle emissioni.

La fase percettiva viene supportata anche da interazioni [6] tra il veicolo e altri utenti attivi della strada; in particolare di notevole importanza sono le **comunicazioni** tra il veicolo e gli altri veicoli (V2V) oppure con l'infrastruttura (V2I). Alcune di queste funzioni sono già in fase di definizione finale, come ad esempio la e-call [4, 5].

La movimentazione del veicolo e` conseguente ad una fase di **controllo** che permette di calcolare la traiettoria ottima sulla base delle informazioni ottenute dalla fase di percezione, e ad una fase di **attuazione** che coinvolge la meccanica e l'elettronica del veicolo.

Un ulteriore elemento importante che dovrà essere sviluppato è la **robustezza** dei sistemi sopra menzionati alle più diverse condizioni ambientali, sia naturali che artificiali. In questo ricadono sia la robustezza a condizioni meteo avverse (pioggia, nebbia, polvere, neve) che la robustezza ad attacchi artificiali (disturbo del segnale GPS, accecamento volontario dei sensori, interferenza con le comunicazioni radio).

4.8.3 Fattibilità

Le competenze e tecnologie disponibili nei laboratori della Rete Alta Tecnologia, unitamente alla presenza sul territorio di aziende del settore meccanico ed elettronico a stretto contatto con il tessuto della Motor Valley, rendono il sistema particolarmente forte e sinergico su queste tematiche.

Inoltre visto l'impatto molto significativo che queste tecnologie porteranno per l'aumento della sicurezza stradale, la presenza a Parma del Dipartimento Italiano per la Sicurezza Stradale (DISS, www.diss-it.org) rende la nostra regione particolarmente adatta come terreno di sperimentazione

La traiettoria descritta sopra risulta una evoluzione naturale delle competenze già presenti e note a livello internazionale nei laboratori della Rete. Infatti esperimenti molto innovativi e specifici per l'ambito descritto sono già stati effettuati in passato e hanno portato a risultati unici a livello globale; lo sviluppo di questo sistema risulta quindi non solo fattibile, ma anche con un'alta probabilità di successo, vista l'esperienza pregressa localizzata in regione.

Inoltre, la promozione dei temi descritti in questo sistema permetterebbe alle aziende regionali collegate di usufruire di un vantaggio competitivo derivante dalla disponibilità di competenze avanzate sviluppate sul territorio.

Lo sviluppo di sistemi ADAS richiede contestualmente la gestione della loro possibile omologazione, competenza presente in importanti aziende che operano in regione, anche utilizzando circuiti di test già disponibili (Imola). Il progetto del Tecnopolo di Parma include inoltre un circuito di test sia su strada che fuoristrada.

4.8.4 Fonti bibliografiche principali

- report di Frost&Sullivan M6A0-18, giugno 2012
- report di Frost&Sullivan ADAS NA2F, maggio 2012
- Gazzetta Ufficiale n. 72 del 26/3/13
- Regolamento CE del 26 novembre 2012 su e-call
- National activities (Italian) - Direttiva 2010/40/EU del parlamento europeo del 7 luglio 2010

- International Deployment of Cooperative Intelligent Transportation Systems - Bilateral Efforts of the European Commission and United States Department of Transportation, settembre 2012, FHWA-JPO-12-081

- Intelligent transport systems EU-funded research for efficient, clean and safe road transport: studies and reports, 2010, EUR 24504-EN

4.9 Manufacturing sostenibile

4.9.1 Descrizione e motivazione della scelta

Il settore dei beni strumentali per l'industria rientra nel gruppo delle branche industriali in cui l'attività innovativa assume particolare rilevanza strategica. Lo studio di elementi quali l'innovazione e il capitale umano delle imprese diventa ancora più rilevante, sia per mantenere la competitività nei mercati internazionali, sia per favorire la realizzazione e commercializzazione di prodotti ad alto contenuto tecnologico.

Gli scenari internazionali che si sono delineati in questi ultimi anni non possono trascurare le tematiche di sostenibilità. Mentre la popolazione della terra è in crescita, la disponibilità di materie prime come petrolio, gas naturale, minerali e acqua sono in declino, non solo per le società industrializzate, ma anche per il terzo mondo e per i paesi in via di sviluppo. La sostenibilità e lo sviluppo di prodotti eco-compatibili ed eco-sostenibili sono temi di assoluto rilievo; in questo contesto il sistema normativo internazionale e le iniziative promosse dalla Comunità Europea hanno fatto della sostenibilità uno dei principali temi nelle tre accezioni di sostenibilità economica, ambientale e sociale. Indispensabile per assicurare il mantenimento della competitività del sistema paese, la sostenibilità è paradigma su cui basare l'evoluzione e la crescita economica globale, di cui i beni strumentali rappresentano uno dei principali fattori abilitanti di sviluppo e innovazione.

A tal fine, si ritiene possa dare sostegno alla crescita e al mantenimento della competitività la realizzazione di prodotti ad elevato contenuto di qualità anche attraverso una maggiore diffusione di Tecnologie Abilitanti Fondamentali (KETs, Key Enabling Technologies), tali da rafforzare e specializzare le capacità industriali all'interno della UE, di accrescere la competitività e sostenibilità dell'economia europea e di realizzare l'ambizione europea ad avere un ruolo preminente nella lotta alle sfide sociali a livello globale. Lo sviluppo di tecnologie e di beni strumentali per l'industria in grado di ridurre i consumi di materie prime e di energia, e quindi di emissioni, nella produzione industriale contribuiranno a qualificare il posizionamento dei distretti produttivi europei e ad avvicinare il raggiungimento degli obiettivi ambientali di Horizon 2020.

Tra le finalità del manufacturing sostenibile emerge, inoltre, l'affermazione di processi di "simbiosi industriale", quali mezzi per tramutare il rischio degli scarti derivanti dalle operazioni di trasformazione, nell'opportunità per un riutilizzo a valle, favorendo, in questo modo, il recupero della materia prima dove questo possa essere economicamente vantaggioso.

Il comparto produttivo di macchine e robot industriali è un settore di grande rilievo per l'industria manifatturiera nazionale e regionale. Dal dopoguerra a oggi, tale settore ha conosciuto una rapida trasformazione ed è tutt'oggi in evoluzione continua.

Il settore, che ha un posizionamento nodale rispetto a gran parte delle filiere manifatturiere internazionali, vede la presenza di un gruppo limitato di Paesi, Cina, Giappone, Germania, Italia, Corea del Sud, Taiwan, Svizzera, USA, Austria e Spagna, che assurgono al livello di leader, raggiungendo, complessivamente, circa il 90% del totale della produzione mondiale. In tale

contesto, l'Italia mantiene, in particolare grazie all'export, il quarto posto tra i produttori, riuscendo a competere a livello mondiale con players di Paesi quali Germania e Giappone. Il peso del settore dei beni strumentali per l'industria è rilevante nel bilancio dell'economia italiana: la produzione delle quasi 6.300 imprese appartenenti ai 13 comparti che attualmente la compongono, è aumentata raggiungendo un valore di 37,8 miliardi di euro nel 2011, che corrispondono al 2,4% del Prodotto Interno Lordo.

L'investimento in innovazione è cruciale in questo settore: la competitività nel mercato internazionale è garantita, infatti, dallo sviluppo di prodotti altamente qualificati e dall'elevato contenuto tecnologico, prerequisito fondamentale per competere vantaggiosamente in un mercato dove la crescente concorrenza da parte dei Paesi BRIC (in particolare Cina e Brasile) e la già forte competitività degli altri players (Giappone e Germania) rischia di sottrarre importanti fette di mercato alle imprese nazionali e locali qualora non curino questi aspetti. Nello specifico, lo sviluppo di soluzioni innovative, che puntino al risparmio di risorse materiali ed energetiche, rappresenta un valore aggiunto per il settore, contribuendo non solo a migliorare la competitività del prodotto, dato che l'attenzione del consumatore è da tempo sensibile alle tematiche energetiche, ma anche incidendo positivamente sulle attività economiche e sociali dell'impresa, tra cui, per esempio, la riduzione degli sprechi e la valorizzazione del capitale umano attraverso l'impiego e la formazione di personale altamente qualificato.

4.9.2 Traiettorie di evoluzione

Lo sviluppo di prodotti innovativi sostenibili nel settore dei beni strumentali per l'industria ha un'ampia valenza, che coinvolge il sistema industriale nelle dimensioni economiche, ambientali e sociali. L'innovazione verso la sostenibilità, infatti, deve portare al raggiungimento dell'eco-efficienza nel senso di un uso razionale delle risorse disponibili (sostenibilità economica), deve mantenere nel tempo qualità e riproducibilità delle risorse naturali (sostenibilità ambientale) e, infine, deve garantire l'accesso a beni considerati fondamentali tra cui sicurezza, salute, istruzione (sostenibilità sociale).

Le attività di ricerca devono, pertanto, individuare soluzioni tecnologiche riconducibili alle tre accezioni di sostenibilità. Le principali aree di intervento per lo sviluppo sostenibile economico, sociale e ambientale del settore sono elencate in seguito.

- **Sostenibilità economica:** soluzioni di automazione per l'incremento delle performance, la riduzione dei tempi non produttivi dovuti alla movimentazione, al caricamento e fissaggio pezzo, allo scarico della parte lavorata, al cambio utensili; soluzioni per migliorare le attività di controllo, programmazione, uso, riattrezzaggio, regolazione, manutenzione, riparazione, etc.; sviluppo di sistemi produttivi riconfigurabili e adattativi per settori con alta variabilità della domanda; sviluppo di tecnologie di processo ad alte prestazioni che consentano aumenti di produttività, qualità, affidabilità, capacità di lavorare materiali avanzati.
- **Sostenibilità sociale:** miglioramento delle interfacce uomo-macchina e della qualità/comprendibilità delle informazioni veicolate; adozione di soluzioni evolute per la informazione/formazione degli operatori; sviluppo di sistemi in grado di interagire dinamicamente con i lavoratori supportandoli costantemente durante le attività in modo sicuro, semplice ed ergonomico; sviluppo di soluzioni per la riduzione della necessità di interventi umani nelle zone o in condizioni di pericolo.
- **Sostenibilità ambientale:** sviluppo di soluzioni che garantiscano l'uso efficiente delle risorse lungo l'intero ciclo produttivo, compreso il fine vita; sviluppo di tecnologie e

soluzioni che assicurino la riduzione del consumo di energia nell'intero processo produttivo, nella macchina e nel singolo part program o ciclo.

Le soluzioni tecnologiche innovative, inoltre, possono mirare nello specifico all'efficienza energetica della macchina e alla riduzione del consumo energetico. Un recente studio tedesco ha dimostrato, infatti, che i sistemi di carico di base e gli ausiliari, come il circuito di raffreddamento, i circuiti idraulici e pneumatici, spesso generano più del 50% del consumo energetico complessivo delle macchine, anche se non contribuiscono direttamente al processo. Le aree di intervento puntano, quindi, a determinare e quantificare le principali fonti di assorbimento delle macchine e a realizzare modelli di previsione del consumo energetico dei componenti macchina.

In particolare le azioni tecnologiche devono: valutare il comportamento globale della macchina per minimizzare e ridurre gli attriti; individuare soluzioni che limitino la fase di warm-up; ridurre i consumi nei sistemi di moto, utilizzando ad esempio sistemi a recupero di energia in servo motori e motori ad alta efficienza energetica; ottimizzare i sistemi idraulici, i sistemi pneumatici, i sistemi di lubrorefrigerazione/lubrificazione, i sistemi di raffreddamento e i sistemi elettrici di potenza. Infine, lo sviluppo di sistemi di simulazione del ciclo di lavorazione e la formazione di personale specializzato e altamente qualificato possono facilitare l'utilizzo della macchina e limitare gli sprechi dovuti all'utilizzo inadeguato e scorretto della macchina stessa.

Tra le possibilità di intervento a favore della sostenibilità economica e ambientale si punta a favorire i processi di "simbiosi industriale", dove il rischio di scarti delle operazioni di trasformazione si concretizzi nell'opportunità per un riutilizzo a valle, con la possibilità di riciclaggio della materia prima nei casi in cui questo sia economicamente conveniente. Questi processi non solo favoriscono un approccio a "ciclo chiuso" (closed resources cycle), dove i materiali a scarto, derivanti dalla realizzazione del prodotto, sono reintegrati nella catena produttiva come fase di approvvigionamento di materia prima, ma favoriscono anche l'integrazione di risorse nella catena produttiva di prodotti differenti e provenienti da più comparti industriali, favorendo così un vero e proprio processo di "simbiosi" produttiva da più settori. A questo proposito alcuni esempi numerici, tratti da recenti studi tedeschi, consentono di comprendere il vantaggio dell'integrazione nella catena produttiva di materiali di riciclaggio in termini energetici. Per esempio, un chilogrammo di pezzi a scarto dopo la lavorazione corrisponde a una perdita energetica da 60 a 80 MJ e ogni chilogrammo di acciaio non utilizzato in produzione corrisponde dai 6 ai 21 MJ di energia risparmiata. Il riciclaggio della materia prima permette, quindi, un notevole risparmio in termini energetici. In Germania, per esempio, 1/3 del fabbisogno annuale di alluminio, acciaio e rame proviene da materiale secondario; inoltre, il processo di riciclaggio dell'alluminio richiede solo 1/5 dell'energia utilizzata per la produzione di alluminio primario.

4.9.3 Fattibilità

L'investimento di risorse nel perseguire uno sviluppo sostenibile del settore dei beni strumentali per l'industria contribuisce, in prima istanza, allo sviluppo una cultura costruttiva contro lo spreco ("culture against waste") in un contesto collaborativo, capace di incentivare l'innovazione all'interno dell'impresa, in particolare promuovendo il trasferimento del know-how tecnologico delle KETs anche all'interno delle PMI.

Gli interventi prima citati hanno, infatti, ripercussioni positive sull'attività delle imprese in termini di disponibilità e costi delle materie prime, costi dell'energia, costi dei trasporti, costi degli sprechi, costi delle non conformità e costi per il trattamento/smaltimento dei rifiuti. A questi si aggiungono il miglioramento della sicurezza e della salute degli addetti ai lavori, la realizzazione di prodotti con minor impatto ambientale per tutte le fasi del ciclo di vita (LCA = Life Cycle Assessment) e

l'ottenimento di una qualifica di "sustainability rewarding" che permetterà alle aziende del settore di ottenere un plus nel posizionamento competitivo che contribuirà al miglioramento delle loro quote di mercato, al miglioramento dell'immagine dell'impresa e al suo posizionamento competitivo. Lo sviluppo sostenibile del settore dei beni strumentali per l'industria coinvolge, quindi, non solo aspetti innovativi, ma anche aspetti di natura regolamentare, e pertanto di applicazione obbligatoria, aspetti economici e organizzativi che, se adeguatamente affrontati, possono avere ricadute positive sull'impresa.

Tra i punti di forza della traiettoria di interesse, si trova il posizionamento del settore nel comparto industriale a livello regionale, nazionale e globale. In particolare l'industria italiana della macchina industriale e della robotica vede, quali "zone forti" della localizzazione della propria attività produttiva, quattro aree del Nord Italia, vale a dire il Piemonte, la Lombardia, il Triveneto e l'Emilia Romagna. Quest'ultima è, in questo settore, una delle realtà più importanti nel panorama nazionale sia per numero di addetti che di imprese, che per livello di produzione e di quota sull'export italiano. Più specificatamente, le imprese del settore situate in Emilia Romagna si contraddistinguono per la notevole propensione a collaborare per fini innovativi di impatto sui prodotti che sui processi. In tale attività, le reti costruite vedono la compartecipazione di vari soggetti, tra cui le imprese del settore e gli enti di ricerca quali università e laboratori della Rete Alta Tecnologia.

Tra i punti di debolezza spicca, invece, la mancanza di etichette ambientali ed energetiche obbligatorie per il settore, a cui si contrappongono, di contro, normative e strategie maggiormente efficaci nei Paesi "concorrenti", tra cui la Germania. A questo si aggiungono le difficoltà incontrate dalle PMI nello sviluppo di politiche aziendali orientate allo sviluppo sostenibile a causa della carenza di competenze specifiche, di risorse disponibili, e la difficoltà nel valutare i ritorni degli investimenti, dando spesso priorità a quelli immediatamente e direttamente misurabili.

4.9.4 Fonti bibliografiche principali

- Energy Efficiency in production – Fraunhofer Gesellschaft, 2008
- A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs, 2012
- Sistemi di produzione, Stato dell'arte e tendenze future, I Forum Internazionale sulla Meccanica, R2B, Bologna, MUSP, 2012
- Eco compatibilità, sviluppo economico, responsabilità sociale nel settore delle macchine utensili, UCIMU – Sistemi per Produrre, 2012

4.10 Sistemi per generazione, stoccaggio e distribuzione energetica

4.10.1 Descrizione e motivazione della scelta

L'aspetto della generazione, dello stoccaggio e successiva distribuzione dell'energia, assume rilevanza strategica in un contesto di politiche energetiche globali e locali sempre più focalizzato sulla razionalizzazione dello sfruttamento delle risorse energetiche, sulla riduzione dei consumi finali e delle emissioni climalteranti ad essi connesse.

Tali finalità sono comuni, sebbene le tecnologie e le modalità di intervento cambino significativamente a seconda che le applicazioni e le filiere energetiche siano destinate alla generazione stazionaria di potenza o alla generazione in mobilità.

Facendo riferimento alle applicazioni stazionarie di potenza, la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (FER) ha subito, negli ultimi anni, un rilevante incremento grazie allo stimolo degli incentivi riconosciuti e degli accordi siglati nell'ambito del Protocollo di Kyoto. Gli obiettivi Europei prevedono che entro il 2020 la percentuale di energia prodotta da FER raggiunga il 20% della produzione totale di ciascuno degli Stati membri; il GSE ha comunicato che in Italia nel 2010 l'energia rinnovabile ha coperto il 22.8% del totale immesso nella rete elettrica, evidenziando una marcata crescita della produzione da fonte eolica e solare .

Queste fonti energetiche presentano però un aspetto penalizzante ai fini della loro diffusione, rappresentato dalla non programmabilità della produzione, che pone forti limiti allo sfruttamento di tali risorse (limitandone le ore di funzionamento), oltre a originare nuovi problemi nella gestione delle reti elettriche: la forte variabilità e la scarsa prevedibilità della produzione rinnovabile richiede una maggiore disponibilità di risorse "grid synchronized", necessarie per garantire la sicurezza del sistema elettrico.

Il processo di cambiamento e di evoluzione tecnologica in atto, sta portando non soltanto a una modifica infrastrutturale delle reti elettriche (con l'aggiunta di nuove linee e stazioni verso una generazione sempre più distribuita e meno centralizzata), ma si sta anche trasformando con l'implementazione di una forma di intelligenza attiva, in grado di gestire in tempo reale i flussi di energia e potenza tra i sistemi di generazione e i carichi, in una logica di smart grid. Questo concetto è correlato all'idea di una nuova rete elettrica dotata di un sistema evoluto di gestione, controllo e protezione, in cui è presente una crescente quota di generazione non programmabile, derivante da impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili. Per tutti questi motivi, i sistemi di accumulo di energia assumono un ruolo sempre più decisivo per migliorare l'efficienza energetica, favorire l'introduzione delle FER, avviare la realizzazione di nuovi impianti di generazione e consentire un uso differenziato e flessibile dell'energia elettrica, allargandolo in un prossimo futuro alla mobilità elettrica.

L'uso razionale dell'energia, il suo recupero e il conseguente stoccaggio assumono un ruolo rilevante anche nell'ambito della generazione in mobilità: l'accumulo di energia elettrica per autoveicoli ibridi o alimentati da fonte elettrica, l'accumulo chimico mediante dispositivi innovativi di stoccaggio di differenti vettori energetici, dispositivi di recupero dell'energia da frenata (KERS), rappresentano soluzioni su cui è sempre più importante puntare, nell'ottica di orientarsi verso una mobilità sempre meno dipendente dalle fonti fossili convenzionali e sempre meno vincolata all'emissione di gas climalteranti.

4.10.2 Traiettorie di evoluzione

Le traiettorie innovative nell'ambito della generazione stazionaria si differenziano per capacità di accumulo e per le potenze che sono rese disponibili.

Una panoramica delle soluzioni ritenute più promettenti comprende diverse tipologie di batterie elettrochimiche, i sistemi idroelettrici di pompaggio e l'accumulo ad aria compressa. A queste soluzioni è da aggiungere la possibilità di accumulare energia elettrica attraverso una filiera di processo comprendente la produzione e stoccaggio d'idrogeno da elettrolisi, il successivo stoccaggio in serbatoi in pressione o in altri sistemi di accumulo e la riconversione in elettricità attraverso sistemi di potenza programmabili.

Attualmente vengono utilizzati, con diverse possibili funzioni, varie tipologie di accumulo di cui si citano alcuni esempi più significativi per stadio di sviluppo :

- accumulatori elettrochimici: Litio-polimeri, Litio-ioni, Sodio-Zolfo , e future combinazioni chimiche;

- supercondensatori
- KERS
- sistemi ad aria compressa: CAES, Compressed Air Energy Storage
- sistemi di accumulo mediante idrogeno

Il settore della mecatronica e motoristica interviene ed è in grado di contribuire significativamente allo sviluppo di queste traiettorie, soprattutto sullo sviluppo della singola componentistica e sul miglioramento delle interfacce tra differenti componenti.

Sistemi di controllo e software di sviluppo sono un campo di ricerca fondamentale anche nell'ambito dell'integrazione e del controllo dei sistemi sopra citati all'interno delle reti elettriche, al fine di implementare reti di distribuzione intelligenti e integrate (ad es., software per il controllo dei flussi di potenza ed energia scambiati in una micro-rete, con analisi di priorità tra differenti tipologie di accumulo).

Nell'ambito dei singoli componenti, contributi importanti dal settore possono essere dati al miglioramento delle prestazioni dei dispositivi di accumulo elettrochimico (batterie), importante famiglia di soluzioni assai diversificata al suo interno. Il costo del ciclo di carica-scarica è oggi ancora elevato, per via di costi d'investimento alti, e ha finora relegato le batterie in un ruolo di nicchia, in ambito stazionario. L'evoluzione tecnologica piuttosto rapida in corso, legata in parte al crescente interesse per i veicoli elettrici, determina però una dinamica positiva che lascia prevedere per i prossimi anni una rilevante penetrazione. In quest'ambito è importante continuare a lavorare sia su sistemi innovativi di accumulo (in grado di garantire prestazioni migliori sia in potenza sia in energia) che sull'efficacia del controllo per migliorare la durata delle batterie stesse e la trasformazione di corrente DC/AC tramite inverter ad alta efficienza.

Analogamente, da un punto di vista maggiormente meccanico, un contributo può venire dall'attività di ricerca sui materiali innovativi da utilizzare, per specifiche situazioni, nell'ambito dell'accumulo mediante flywheels, con l'obiettivo di ridurre i costi applicativi (mantenendo le ottime prestazioni che li caratterizzano) rendendo i sistemi commercializzabili e maggiormente diffusi.

Un'altra importante traiettoria di evoluzione è rappresentata dalle tecnologie cogenerative: in particolare la diffusione della micro-cogenerazione e della cogenerazione innovativa (IBC, ORC) in piccola taglia destinata al riutilizzo di cascami termici di bassa qualità altrimenti non sfruttati e al soddisfacimento delle necessità di potenza termica ed elettrica di utilizzatori finali prevalentemente afferenti al settore industriale. Il settore deve lavorare in questo ambito per ridurre i costi associati alla componentistica dei sistemi ORC (economicamente sostenibili solo se di grande taglia), diffondendoli anche su taglie più ridotte. Nel caso degli IBC, l'evoluzione che va compiuta è primariamente "culturale", rendendo nota agli operatori del settore che dispongono di cascami termici di ridotta qualità l'opportunità di riutilizzarli con investimenti sostanzialmente ridotti.

Non vanno infine dimenticati interventi nell'ambito dei sistemi innovativi di generazione di potenza elettrica: sistemi termoelettrici e termo fotovoltaici e in generale le tecnologie innovative per la generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile, e tecnologie destinate all'incremento delle efficienze degli attuali impianti di produzione da fonte convenzionale. E' necessaria attività di R&D per ingegnerizzare il sistema, aumentando i rendimenti elettrici piuttosto ridotti delle tecnologie e rendimenti termici dei sistemi di combustione avanzati, lavorando per migliorare il matching della componentistica.

4.10.3 Fattibilità

La ricerca industriale in regione, soprattutto nel campo dei sistemi di conversione innovativi non è particolarmente diffusa, anche se negli ultimi anni sono nati interessanti spin-off. Tale stato di cose può essere tuttavia controbilanciato dalla presenza di numerosi istituti di ricerca sul territorio tra cui diversi laboratori della Rete Alta Tecnologia che possono vantare posizioni d'avanguardia nel campo della ricerca sulle FER, sull'accumulo chimico, sulle reti di distribuzione intelligente.

Inoltre, il bagaglio culturale e le potenzialità tecnologiche nell'ambito della meccatronica di numerose aziende della regione possono essere proficuamente impiegate per la progettazione e la realizzazione di sistemi di produzione e di stoccaggio dell'energia innovativi.

Lo sviluppo delle traiettorie individuate permetterebbe la definizione di sistemi, metodi e tecnologie in grado di contribuire in modo reale ed economicamente fattibile al conseguimento degli obiettivi di efficienza energetica, risparmio di risorse e contenimento delle emissioni definiti dalla direttiva 20-20-20 della Comunità Europea. L'opportunità di sviluppare in regione tali tecnologie contribuirebbe sia allo sviluppo locale di un settore industriale sempre più strategico a livello globale che alla riduzione (se non all'annullamento) dei costi connessi all'approvvigionamento di potenza elettrica e termica per le aziende del territorio.

Infine, lo sviluppo di tecnologie e, più in generale, di una cultura, maggiormente orientate verso la sostenibilità energetica ed ambientale può avere applicazioni non solo a livello industriale ma anche in altri contesti, quali, ad esempio, il settore residenziale, civile e terziario. Le numerose applicazioni che derivano dallo sviluppo delle traiettorie individuate, da una parte, ne ribadiscono l'importanza strategica e, dall'altra, assicurano un ampio e florido mercato per le aziende coinvolte.

4.10.4 Fonti bibliografiche principali

- Gestore dei Servizi Energetici, "Bilancio Elettrico Italiano del 2010": <http://www.gse.it/it/Dati%20e%20Bilanci/Osservatorio%20statistico/Pages/default.aspx>
- G. Crabtree et al. "Integrating Renewable Electricity on the Grid". A report by the APS Panel on Public Affairs. <http://www.aps.org/policy/reports/popa-reports/index.cfm>
- D. Milborrow, "Managing the variability". A report to WWF-UK, RSPB, Greenpeace UK and Friends of the Earth EWNI, 24 June 2009.
- Electric Power Research Institute – EPRI, "Electricity Energy Storage Technology Options A White Paper Primer on Applications, Costs, and Benefits", Technical Update, December 2010.
- Disruptive technologies Full report – Mc Kinsey, May 2013

4.11 Materiali, ricoprimenti e trattamenti superficiali

4.11.1 Descrizione e motivazione della scelta

E' già in atto, e si rafforzerà nel futuro, la tendenza ad una sempre maggiore differenziazione nella scelta dei materiali, non solo a causa della crescente competitività del mercato in termini di costi, flessibilità, compatibilità ambientale, ma anche (e principalmente) per la necessità di avere materiali sempre più mirati su specifiche funzionalità: "from creating new materials to creating new solutions, with a focus on "materials for something" rather than on materials per se"

L'uso di materiali innovativi per sostituire altri materiali tradizionali sta imponendosi come strategia-chiave in molti mercati. Questa "sostituzione" viene perseguita con molteplici approcci, tra i quali un enorme potenziale su una varietà di settori industriali, e in particolare sulla meccatronica e motoristica, rivestono:

- il metal replacement
- i trattamenti e rivestimenti superficiali
- la additivazione di materiali con micro- o nano-fillers.

Di speciale interesse è poi la possibilità di disporre di materiali le cui proprietà possono essere cambiate/controllate tramite stimoli esterni (materiali "intelligenti"), per cui un ulteriore rilevante approccio è rappresentato da:

- l'adozione di materiali "intelligenti".

4.11.2 Traiettorie di evoluzione

Metal replacement

Sotto il nome di metal replacement ricade un insieme di processi orientati alla sostituzione di tradizionali componenti metallici (in particolare in acciaio) con i corrispondenti componenti realizzati con nuovi materiali di elevate e mirate prestazioni.

I materiali polimerici sono tra i principali protagonisti di questa trasformazione, che lascia intravedere una molteplicità di benefici, dalla riduzione del peso al basso attrito, dalla riduzione del rumore all'elevata resistenza all'impatto e alla grande flessibilità nella lavorazione. La seconda classe tecnologica molto promettente per il metal replacement è quella dei materiali compositi; materiali formati da due o più componenti differenti. Le molteplici potenzialità del metal replacement lo rendono un processo in costante ascesa in numerosi settori. Uno studio della Lucintel Consulting del 2011 ha mostrato come l'industria globale dei materiali compositi (polimeri e non) abbia raggiunto nel 2010 un valore totale di 17.7 miliardi di \$; è atteso un incremento del 10% annuo di questo valore fino al 2016. In questa industria in costante espansione il metal replacement gioca un ruolo di primo piano di cui è atteso un incremento del 7% annuo fino al 2017.

Trattamenti e rivestimenti superficiali

La superficie è quella porzione del materiale che principalmente controlla la sua interazione con gli altri materiali e con l'ambiente circostante. Le superfici sono sede di proprietà specifiche, spesso significativamente differenti da quelle del volume. Specifiche funzionalità possono essere conferite alle superfici dei materiali mediante opportuni trattamenti che ne modificano la morfologia/struttura (lavorazioni meccaniche sulla micro-nano scala, irraggiamento con fotoni, elettroni o ioni, o con plasmi, ...) o ne modificano la chimica/composizione (impiantazione ionica, nitrurazioni o ossidazioni, ...). Una più ampia gamma di funzionalità può essere conferita alle superfici mediante trattamenti che consistono nella deposizione di opportuni ricoprimenti. La rilevanza assunta da quest'ultima procedura le ha conferito una specifica visibilità per cui si parla correntemente di trattamenti e ricoprimenti. Importanza per la meccanica/meccatronica/motoristica assumono i coatings barriera termica, anticorrosione, tribologici (autolubrificanti, antiaderenti, ...) , e i rivestimenti polimerici su metalli. L'importanza di alcune di queste tematiche è messa bene in evidenza dalla relazione "Top Tech Report 2012_Materials and Coatings" della società Frost & Sullivan).

Micro-nano funzionalizzazione.

La possibilità di funzionalizzazione mediante micro-nano additivazione si riferisce sia ai solidi che alle loro superfici e ai rivestimenti. E' quindi una metodologia che può operare in parallelo alle due precedentemente illustrate. Questo aspetto rappresenta un possibile punto d'incontro tra tecnologie in molta parte consolidate ma suscettibili di forte innovazione (la produzione di materiali polimerici e in generale plastici e di materiali compositi, e i trattamenti e ricoprimenti superficiali) e le assolutamente innovative tecnologie micro-nano, un incontro dal potenziale esplosivo.

La funzionalizzazione di matrici polimeriche o composite con micro-particelle negli ultimi anni si è consolidata. Il passo successivo è il passaggio dai micro ai nano fillers. Questo mette in gioco tutta una differente serie di fenomeni e processi che amplia lo spettro delle potenziali funzionalizzazioni. Le nano-particelle più promettenti in questo contesto risultano essere nanoparticelle di argento, silica ed alumina, nitruro di boro, disolfuro di tungsteno o molibdeno, nanotubi di carbonio, fullereni. Recentemente (2004) è stato scoperto anche il grafene, le cui straordinarie proprietà meccaniche, di trasporto di elettroni e calore, l'impermeabilità e l'elevata area superficiale hanno portato a un enorme interesse su questo materiale da parte di numerosi gruppi di ricerca e industrie, anche per l'applicazione nella nanoadditivazione

Adozione di materiali "intelligenti"

I materiali intelligenti sono materiali dotati di una o più proprietà che possono essere cambiate e controllate tramite stimoli esterni, come lo stress meccanico, la temperatura, l'umidità, il pH, il campo elettrico o magnetico. Queste proprietà consentono di migliorare prestazioni di sistemi esistenti, grazie alla sostituzione di parti passive con sistemi semi-attivi o attivi.

La realizzazione di materiali intelligenti richiede spesso un uso combinato delle strategie precedentemente descritte, e in generale la loro ottimizzazione passa attraverso innovativi approcci di micro- nano-strutturazione interna dei materiali stessi.

Alcuni esempi di Materiali Intelligenti applicati nel campo della mecatronica e motoristica sono:

- **Materiali piezoelettrici:** generano una differenza di potenziale elettrico quando subiscono una deformazione (uso come sensori di deformazione), e viceversa possono essere deformati mediante l'applicazione di opportuni potenziali elettrici (utilizzati come attuatori). Allo stesso modo, sensori ed attuatori possono essere realizzati con materiali magnetostrittivi, cioè materiali che possono cambiare forma se sottoposti a un campo magnetico e, viceversa, possono generare campi magnetici se sottoposti a stress meccanico.
- **Materiali termoelettrici,** che convertono il calore in energia elettrica (interessanti per la generazione di energia per dispositivi elettronici e sensori in campo automotive), e viceversa: sviluppo di sistemi di energia e di raffreddamento efficienti e con basso impatto ambientale (es: convertire il calore dei gas di scarico in energia riutilizzabile all'interno dei veicoli).
- **Leghe e polimeri a memoria di forma:** sono materiali che possono essere deformati in maniera controllata dal calore. In particolare, quando sono stati deformati da cause esterne possono ritornare a una certa forma memorizzata se scaldati. Rilevante caso particolare: leghe a memoria di forma magnetiche che ritornano alla loro forma originale se magnetizzate.
- **Materiali con proprietà autodiagnostiche ed autoriparanti.** La ricerca sui compositi autodiagnostici ha come obiettivo la rivelazione non invasiva in situ di stress meccanico e fatica nei materiali strutturali. I compositi autoriparanti rappresentano un passo ulteriore,

consentendo la riparazione spontanea ed autonoma di microfratture che si generano nei compositi sotto stress.

- **Fluidi magnetoreologici:** la loro viscosità interna può essere controllata (= modificata reversibilmente) da un campo magnetico applicato.
- Tra i **materiali che si adattano alle condizioni di lavoro** vanno ricordati specifici ricoprimenti che modificano la loro composizione formando strati protettivi o autolubrificanti quando gli attriti generano alte temperature.

4.11.3 Fattibilità

Nella nostra regione è adeguatamente presente un tessuto produttivo legato alla realizzazione di trattamenti e rivestimenti superficiali, mentre è meno incisiva la presenza di realtà produttive relative alla progettazione, fabbricazione e commercializzazione delle attrezzature per la realizzazione dei trattamenti e rivestimenti, e delle strumentazioni per la loro caratterizzazione e validazione.

Il parco aziendale, per quanto riguarda i processi di metal replacement, si divide in tre categorie principali: il produttore di masterbatch, lo stampatore/estrusore/ecc del componente, e l'utilizzatore finale. Sul territorio sono presenti numerose aziende di ottimo livello tecnologico che si occupano di una o più di queste fasi. Le aziende interessate alla sostituzione di parti metalliche sono al momento in crescita, e molte di esse sono pronte a "fare il salto" dal metallo al polimero.

L'utilizzo di materiali polimerici e compositi, e di trattamenti e ricoprimenti superficiali, in particolare con specifiche performances e funzionalizzazioni ottenute mediante micro-nano additivazione, potenzialmente impatta su tutti i sistemi identificati come prioritari nelle scelte della Regione, anche se al momento il target principale è certamente la Meccatronica e Motoristica. In questo sistema specifici goal possono essere realizzati mediante metal replacement: in particolare riduzione dei pesi (con conseguente riduzione di consumi energetici, consumo/usura delle parti meccaniche in movimento, migliore precisione nelle movimentazioni e nei posizionamenti), abbattimento della rumorosità, (con conseguente migliore vivibilità degli ambienti di lavoro e di utilizzo), e flessibilità delle lavorazioni (easy manufacturing). L'uso di materiali polimerici o compositi, e di trattamenti e ricoprimenti impattano efficacemente sul controllo dell'attrito (proprietà di autolubrificazione che consente di risparmiare sui costi dei lubrificanti esterni, riduce l'utilizzo di olii potenzialmente nocivi per l'ambiente, riduce la manutenzione, riduce le temperature di esercizio, riduce la emissione di particolato nella fabbricazione e nell'uso), controllo della corrosione e delle proprietà di barriera termica.

4.11.4 Fonti bibliografiche principali

- first EC Material Summit – October 2010]
- European Research and Innovation in Material Science and Engineering: What to change in the future ? - Materials Summit in Brussels, September 2012].
- report di Frost&Sullivan
- A roadmap for graphene. Nature 490, 192
- https://dspace.ndlr.ie/bitstream/10633/31976/1/PMC_2.pdf

4.12 Veicoli a basso impatto ambientale

4.12.1 Descrizione e motivazione della scelta

perché quella TTR è importante in generale e per la nostra regione (ad esempio perché intercetta alcune grandi sfide/megatrend...)

I motori a combustione interna rappresentano il sistema di conversione dell'energia più largamente e capillarmente diffuso a livello mondiale. Oltre all'applicazione nella propulsione dei veicoli terrestri, che è certamente l'espressione più importante, vi sono altri impieghi quali la produzione di energia elettrica, la motorizzazione di macchine operatrici, di mezzi marini e aeronautici.

L'Emilia Romagna occupa un posto di rilievo in questo scenario ed è conosciuta nel mondo come Motor Valley a ragione dei suoi marchi prestigiosi (Ferrari, Ducati, Maserati, Lamborghini, VM Motori, Lombardini,...).

Limitandoci a considerare la principale applicazione, ovvero il settore automotive, si possono distinguere due diversi trend:

- Paesi industrializzati (EU, JP, USA)

ove la priorità è la riduzione drastica dei consumi finalizzata all'abbattimento delle emissioni di CO₂ (in Europa, ad esempio, per il 2020 le flotte dovranno emettere mediamente meno di 95g/km di questo gas, e si prospettano, negli anni successivi, ulteriori limitazioni fino a valori inferiori ai 70 g/km)

- Paesi in fase di espansione industriale (BRIC)

ove prevale l'esigenza di fornire mezzi di mobilità individuale a costi contenuti, ma con tecnologie strettamente allineate alla migliore produzione Europea, per consentire anche l'esportazione.

Sebbene la produzione mondiale di motori sia in costante crescita (solamente nel campo della trazione automobilistica, si prevede la vendita di 110 milioni di veicoli nel 2020 dei quali oltre il 90% sarà equipaggiato con un motore a combustione interna) tale crescita avverrà principalmente nei paesi extraeuropei. Si noti, ad esempio, che per il 2013 si prevede che la produzione di auto e veicoli commerciali leggeri in Cina eguaglierà per la prima volta quella Europea, con un trend che vedrà i costruttori asiatici competere anche sul mercato Europeo. Il rischio concreto è quello di svuotare le fabbriche europee, nazionali e regionali, sia per quanto concerne i motori sia soprattutto per i fornitori di componentistica che tenderanno a localizzarsi in India e Cina per seguire i propri clienti e posizionarsi vicino al baricentro della produzione.

Le sempre più stringenti limitazioni sulle emissioni di CO₂, inoltre, potranno essere soddisfatte solamente attraverso l'uso sinergico di diverse tecnologie: in questo campo appare di fondamentale importanza, da una parte, lo sviluppo di motori sempre più efficienti e di veicoli alleggeriti, dall'altra, l'integrazione dei tradizionali motori con sistemi di trazioni elettrica. Un'alternativa può, inoltre, venire dall'utilizzo di motori termici alimentati con biocombustibili, qualora a questi venga riconosciuto il credito di CO₂ acquisito nel corso della vegetazione della pianta.

La traiettoria tecnologica da proporre nel quadro del sistema MECCATRONICA E MOTORISTICA deve quindi osservare lo scenario di cui sopra per identificare e rivolgersi al mercato sotto due aspetti:

- a. **Incentivare lo sviluppo tecnologico dei motori termici** poiché la competitività delle aziende del territorio a livello mondiale risulta fortemente condizionata dalla propria capacità di proporre soluzioni innovative ed economicamente competitive in grado di ridurre i consumi e le emissioni inquinanti e di utilizzare combustibili alternativi;
- b. **Sviluppare, in primis per il teatro Europeo, le tecnologie complementari** alla motorizzazione tradizionale, quali powertrain elettrici (motori elettrici, sistemi di controllo, sistemi di accumulo per la energia elettrica) da associare ai motori termici per le trazioni ibride o da utilizzare per la trazione elettrica.

4.12.2 Traiettorie di evoluzione

I campi di intervento sono molteplici:

Sistemi per l'aumento dell'efficienza dei motori termici:

- Sviluppo di soluzioni progettuali innovative (sovralimentazione Dual Stage, ciclo a 2 tempi, ...)
- Ottimizzazione di dispositivi per limitare la produzione di emissioni (EGR a 2 livelli di pressione, sistemi di iniezione ad alta pressione, ...)
- Ottimizzazione di sistemi di post-trattamento dei gas di scarico (catalizzatore trivalente, catalizzatore ossidante, DeNOx anche nanostrutturati, filtro antiparticolato, ...).

Razionalizzazione dell'impiego dei combustibili:

- Utilizzo innovativo di combustibili tradizionali (cocktail benzina/gasolio; motori dual-fuel);
- Utilizzo di combustibili a basso contenuto di carbonio per limitare le emissioni di CO₂;
- Biocombustibili per limitare la dipendenza dalle fonti non rinnovabili.

Sviluppo di tecnologie di propulsione innovative:

- Incremento del rapporto potenza/peso dei motori elettrici sostenibili;
- Soluzioni innovative non dipendenti dall'uso di materiali strategici (terre rare);
- Soluzioni di controlli di potenza e in generale di componentistica elettrica ad elevata densità di corrente;
- Miglioramento dell'efficienza dei sistemi di raffreddamento;
- Progettazione e costruzione in sede regionale di componentistica elettronica per alte correnti e tensioni;
- Ricerca, sviluppo e costruzione in sede regionale di sistemi di accumulo elettrico, partendo dalle competenze regionali e in collaborazione con grandi gruppi industriali operanti a livello mondiale;
- Sviluppo di sistemi meccanici per la ripartizione della coppia in veicoli a propulsione ibrida (Sistemi Power Control);
- Ottimizzazione dei componenti e delle strategie di controllo dei flussi energetici in veicoli ibridi di tipo parallelo e serie (trazione elettrica con range extender) e integrazione dei sistemi meccanici con i dispositivi elettronici di regolazione e controllo.

4.12.3 Fattibilità

Sicuramente le competenze e le tecnologie disponibili sul territorio, la grande diffusione di aziende e laboratori di ricerca che operano direttamente o indirettamente nel campo motoristico rappresentano il tessuto ideale per lo sviluppo di tecnologie innovative in grado di soddisfare le nuove esigenze in termini di emissioni ed efficienza dei motori. Inoltre, lo sviluppo di

componentistica elettronica innovativa si applica non solo al settore automotive o della trazione, ma anche a tutta la robotica e alla gestione dello stoccaggio di energia elettrica derivante da FER.

Occorre, tuttavia, uno sforzo affinché la storia di successo fin ad oggi riscontrata nel settore non risulti di ostacolo alla ricerca di soluzioni alternative, frenando l'adeguamento della produzione alle esigenze dei mercati in via di sviluppo.

A tale riguardo, appare necessaria la formazione di nuove leve tecniche e di nuove classi imprenditoriali che affermino in modo più consistente il passaggio dalla meccanica alla mecatronica.

Si richiede, inoltre l'adeguamento anche delle strutture accademiche perché il settore possa recuperare il gap a livello organizzativo e di risorse umane rispetto ai grandi centri di ricerca Europei nel settore Automotive (AVL, FEV, Ricardo, oltre ai centri di ricerca dei costruttori), adeguare le capacità esistenti alle esigenze specifiche del business Automotive e creare o importare competenze di progettazione elettronica delle circuiterie e dei componenti di potenza.

4.12.4 Fonti bibliografiche principali

- Frost & Sullivan, "2020 Vision of the Global Automotive Industry"

4.13 Tavole di correlazione

Nelle tabelle a seguire vengono presentate le connessioni tra le traiettorie tecnologiche individuate e le Key Enabling Technologies, le sfide della società di Horizon 2020 e i Megatrend regionali.

KETs	BIOTECNOLOGIE INDUSTRIALI	NANOTECNOLOGIE	MICRO-NANO ELETTRONICA	FOTONICA	MATERIALI AVANZATI	TECNOLOGIE DI PRODUZIONE AVANZATE	ICT
Futuro della progettazione					Correlata	Correlata	Correlata
Interazione uomo macchina			Correlata			Correlata	Correlata
Manutenzione avanzata						Correlata	Correlata
Fabbrica, linee di produzione e macchine intelligenti e adattative			Correlata		Correlata	Correlata	Correlata
Manufacturing 2.0							Correlata
Sistemi robotizzati autonomi			Correlata		Correlata	Correlata	Correlata
Miniaturizzazione	Correlata	Correlata	Correlata	Correlata	Correlata	Correlata	
Sistemi di trasporto intelligenti			Correlata				Correlata
Manufacturing sostenibile					Correlata	Correlata	
Sistemi per generazione, stoccaggio e distribuzione energetica			Correlata		Correlata		Correlata
Materiali, ricoprimenti e trattamenti superficiali		Correlata			Correlata		
Veicoli a basso impatto ambientale			Correlata		Correlata		Correlata

Legenda:

	non correlata
	correlata
	molto correlata

SFIDE DELLA SOCIETA' DI H2020	Sanità, evoluzione demografica, benessere	Sicurezza alimentare, agricoltura sostenibile	Energia pulita, sicura, efficiente	Mobilità sostenibile	Sfide climatiche	Società inclusive, innovative, sicure
Futuro della progettazione						
Interazione uomo macchina						molto correlata
Manutenzione avanzata				molto correlata		
Fabbrica, linee di produzione e macchine intelligenti e adattative						molto correlata
Manufacturing 2.0						correlata
Sistemi robotizzati autonomi	correlata					correlata
Miniaturizzazione						molto correlata
Sistemi di trasporto intelligenti	molto correlata			molto correlata		molto correlata
Manufacturing sostenibile			molto correlata		molto correlata	
Sistemi per generazione, stoccaggio e distribuzione energetica			molto correlata	correlata	molto correlata	
Materiali, ricoprimenti e trattamenti superficiali			molto correlata			
Veicoli a basso impatto ambientale				molto correlata		

Legenda:

	non correlata
	correlata
	molto correlata

MEGATREND RER	CITTA' E INFRASTRUTTURE INTELLIGENTI	NUOVA COMPOSIZIONE GENERAZIONALE DELLA POPOLAZIONE	GEO-SOCIALIZZAZIONE	CLOUD INTELLIGENTE	MONDO VIRTUALE	NUOVI MODELLI DI BUSINESS	SVILUPPO DELLE RETI E INTELLIGENZA WIRELESS	INNOVATING TO ZERO	TECNOLOGIE ABILITANTI DEL FUTURO	MOBILITA' ELETTRICA	CURA E PREVENZIONE NELLA SANITA'	IMPRESA DEL FUTURO: INTELLIGENTE E VERDE	RETI DI GENERAZIONE DI POTENZA ELETTRICA DISTRIBUITE
Futuro della progettazione													
Interazione uomo macchina													
Manutenzione avanzata													
Fabbrica, linee di produzione e macchine intelligenti e adattative													
Manufacturing 2.0													
Sistemi robotizzati autonomi													
Miniaturizzazione													
Sistemi di trasporto intelligenti													
Manufacturing sostenibile													
Sistemi per generazione, stoccaggio e distribuzione energetica													
Materiali, ricoprimenti e trattamenti superficiali													
Veicoli a basso impatto ambientale													

Legenda:

	non correlata
	correlata
	molto correlata

5 Gruppo di lavoro

Hanno contribuito alla realizzazione di questo position paper:

Gruppo di lavoro Meccanica e Motoristica

- Marco Bianconi, MIST-ER
- Angelo Boni, Redox
- Alberto Broggi, Università di Parma
- Enrico Callegati, CRIT
- Paolo Egalini, Riello Sistemi
- Cesare Fantuzzi, Università di Modena e Reggio Emilia
- Guido Ghisio, Magneti Marelli
- Roberto Lazzarini, Carpigiani
- Claudio Melchiorri, Università di Bologna
- Roberta Piccinini, Lamipress
- Carlo Alberto Rinaldini, Università di Modena e Reggio Emilia
- Andrea Zucchelli, Università di Bologna

Gruppo di lavoro trasversale ICT

- Michele Colajanni, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
- Matteo Golfarelli, Università di Bologna
- Marco Rocchetti, Università di Bologna
- Danilo Montesi, Università di Bologna
- Cesare Stefanelli, Università degli Studi di Ferrara
- Nicola Tasselli, Università degli Studi di Ferrara
- Maria Cristina Vistoli, INFN- CNAF

Gruppo di lavoro trasversale Materiali

- Valentin Dediu, CNR-ISMN
- Letizia Focarete, Università di Bologna
- IOSA GHINI
- Angelo Montenero, Università di Parma
- Milena Mussi,
- Fabrizio Passarini, Università di Bologna
- Alessandra Sanson, CNR-ISTEC
- Emanuele Treossi, MIST-ER
- Sergio Valeri, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
- Valeria Zacchei, Università di Bologna

Gruppo di lavoro trasversale Ambiente Sostenibilità

- Flavio Bonfatti, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
- Paolo Cagnoli, ARPA
- Carmela Cellamare, ENEA
- Gianluca D'Agosta, ENEA
- Achille De Battisti, Università degli Studi di Ferrara
- Piero De Sabata, ENEA
- Maria Litido, ENEA

- Nicola Marchetti, Università degli Studi di Ferrara
- Michele Monno, MUSP
- Paolo Rava, Università degli Studi di Ferrara
- Federica Rossi, CNR-IBIMET
- Maria Stella Scandola, Università di Bologna
- Paola Vecchia, CRPA
- Fabio Zaffagnini, CNR-ISMAR

6 Conclusioni e raccomandazioni
