



Regione Toscana



- **Abstract** del report: posizionamento internazionale, SWOT ed elenco roadmap, sintesi per ciascuna roadmap in italiano e inglese.

Nel 2016, nel mondo, sono state commerciate 77,3 milioni di tonnellate di pietra ornamentale del valore di circa 24 miliardi di euro. La Cina è il primo paese esportatore con una quota di mercato del 40% sul valore complessivamente esportato di pietra ornamentale. L'Italia è il secondo paese per quota di mercato, con una percentuale del 12,8%. La Turchia occupa invece la terza posizione con una percentuale simile a quella italiana (11,5%) seguita, nell'ordine, da India, Brasile e Spagna.

Sul lato della domanda internazionale di prodotti lapidei, il primo mercato di sbocco per la pietra naturale è quello statunitense, per un valore di 2,2 miliardi, la Cina si colloca invece in seconda posizione con una domanda del valore di quasi 2 miliardi di euro.

La Cina, per il settore della pietra ornamentale, risulta quindi il principale player mondiale sia sul lato dell'offerta, quasi esclusivamente di lavorati, sia sul lato della domanda, quasi esclusivamente di materiale grezzo. La Cina nel suo processo di crescita ha potuto infatti contare su una competitività derivante dalla possibilità di contenere i prezzi grazie a bassi costi di produzione, ma anche su normative poco stringenti relative alla sicurezza e alla riduzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi.

La pietra *Made in Italy* rimane tuttavia sinonimo di eccellenza nel mondo e, quando si parla di lavorati di pregio e mercato del lusso, la pietra italiana non ha concorrenti.

Il settore lapideo italiano, di estrazione e lavorazione della pietra naturale, è composto da 10.373 aziende per un totale di 41.094 addetti. Di queste, le aziende di lavorazione della pietra naturale sono 9.313 per 33.629 addetti (INAIL, 2015).

Nel 2016, il settore lapideo italiano ha esportato 3.751.894 tonnellate di pietra ornamentale per un valore complessivo di circa 2 miliardi di euro di cui circa 1,6 miliardi di euro derivanti dall'export di lavorati e circa 400 milioni di euro derivanti dall'export di materiali grezzi (tra i materiali grezzi 58 milioni corrispondono al valore delle esportazioni di granulati e polveri).

Il settore lapideo ha la caratteristica di organizzarsi in distretti poiché le aziende di lavorazione tendono a concentrarsi geograficamente nel territorio attiguo alle cave. In Italia si contano 11 distretti maggiori: il distretto apuo-versiliese, il distretto veneto, il distretto lombardo del botticino classico, il distretto di Custonaci, il distretto del travertino romano, il distretto del porfido e delle pietre trentine, il comprensorio della pietra naturale dell'Alto Adige, il comprensorio del Verbano-Cusio-Ossola, i distretti lapidei pugliesi della pietra leccese e della pietra di Trani, il comprensorio della pietra di Luserna e il distretto marmi di Orosei. Il distretto apuo-versiliese e il distretto veneto, tuttavia, realizzano da soli il 65% del valore complessivo dell'export settoriale di lavorati.

Nel 2016 il distretto veneto torna ad essere il primo distretto italiano della lavorazione della pietra ornamentale con un export di lavorati del valore di 528,7 milioni di euro, seguito dal comprensorio apuo-versiliese che ha registrato un valore di 521,2 milioni.



Regione Toscana



In Toscana, oltre al comprensorio apuo-versiliese che si estende sul territorio delle province di Lucca e Massa-Carrara, che racchiude un bacino estrattivo di 137 cave attive di cui 78 nel solo comune di Carrara e che annualmente estrae circa 1,5 milioni di tonnellate di blocchi, si rilevano altre aree di estrazione e di lavorazione di pietra ornamentale. Tra i materiali più conosciuti, degni di menzione sono il Giallo Siena, la Pietra di Fiorenzuola e il Travertino di Rapolano.

Se da un punto di vista internazionale abbiamo evidenziato il ruolo centrale della Cina nel commercio mondiale della pietra naturale, da un punto di vista intersettoriale, il principale settore concorrente per la pietra naturale è quello ceramico e della pietra artificiale. L'Italia è uno dei principali esportatori mondiali di piastrelle in ceramica per le costruzioni: al primo posto tra gli esportatori mondiali fino al 2011, dopo essere stata superata dalla Cina ha mantenuto il secondo posto, conseguendo nel 2016 un rilevante aumento della quota sulle esportazioni mondiali. Questi materiali, nella loro attività di marketing, puntano su un vantaggio di prezzo rispetto alla pietra ornamentale ma anche su un vantaggio derivante da una maggiore resistenza e durezza rispetto al materiale lapideo spesso descritto come un materiale delicato nell'arredo d'interni e di difficile applicazione sia nel caso della posa che nel caso di applicazioni su facciate di edifici. Forti investimenti settoriali in marketing hanno persuaso Architetti e Interior Designer sui vantaggi che l'utilizzo del materiale ceramico può comportare e questi ultimi si fanno portatori di questo messaggio presso il cliente finale inducendolo spesso a preferire il materiale ceramico alla naturalità della pietra ornamentale. Un caso a parte è invece costituito dalla pietra artificiale che ai pregi della ceramica va ad aggiungere la bellezza della pietra naturale tanto che spesso è difficile persino per un operatore del settore distinguere una pietra "vera" da una "finta"

Analizzando le peculiarità del settore lapideo toscano, tra i punti di forza troviamo una enorme disponibilità di materia prima di alto pregio, il famoso marmo di Carrara e una moltitudine di altre pietre apprezzate in tutto il mondo. Per menzionarne alcune, ricordiamo il travertino di Rapolano e la Pietra di Fiorenzuola ma anche la Pietra di Matraia e il Granito dell'Elba.

A questa disponibilità di materiale si aggiunge una straordinaria eccellenza nelle lavorazioni che scaturisce da una esperienza e una tradizione tramandata da padre in figlio nei secoli.

Il settore delle tecnologie toscano per la lavorazione della pietra naturale è altresì un fiore all'occhiello per tutta la meccanica italiana. Le aziende produttrici di tecnologie per la pietra dotano il settore lapideo italiano dei migliori strumenti per divenire e rimanere l'eccellenza mondiale nella lavorazione artistica e nelle finiture. Assorbono, dal settore lapideo stesso, le informazioni utili per rimanere sulla frontiera dell'innovazione, dando vita a un modello d'innovazione Demand Pull (Market Pull) dove il processo di trasferimento tecnologico inizia con un bisogno del mercato da soddisfare e l'identificazione della domanda traina la tecnologia verso di essa (Von Hippel, 1987).

A tutto questo si aggiunge una naturale propensione delle aziende del settore lapideo verso l'internazionalizzazione che ha permesso al comparto di crescere anche durante il periodo della crisi



Regione Toscana



economica mondiale successiva al 2008. Basti pensare che mediamente l'export incide sul fatturato complessivo delle aziende lapidee circa il 50%, ma per alcune aziende questa percentuale arriva anche al 90%.

Tra i punti di debolezza del settore lapideo toscano, emerge una scarsa propensione delle aziende del settore a collaborare tra loro e a fare rete. Questo ha come risultato l'assenza da parte degli operatori di una visione di sistema del settore e crea un intralcio nell'elaborazione di interventi di politica industriale realmente efficaci.

Basti pensare che, ancora oggi, non esiste un marchio "Marmo di Carrara". L'esistenza di un marchio presuppone il rispetto di un disciplinare di comportamento da parte del gruppo che lo utilizza e al contempo un sistema di tracciabilità atto a certificare ciò che realmente è stato estratto e lavorato a Carrara. La tendenza ad agire individualmente porta gli operatori a rifiutare qualsiasi codice di comportamento "di gruppo" e la scarsa propensione alla collaborazione fa sì che si rifiuti qualsiasi forma di tracciabilità che presuppone un controllo e un sistema di comunicazione interaziendale tra le diverse fasi di filiera, nei momenti di ingresso e di uscita dei prodotti intermedi, fino al prodotto finale. Un'altra debolezza è il basso livello di investimenti effettuati dalle aziende in attività di marketing e comunicazione, soprattutto se lo confrontiamo con quello di settori concorrenti, come quello della ceramica e dei gres porcellanati, che d'altro canto non mancano di sottolineare nelle loro campagne, la più elevata resistenza dei materiali ceramici e quanto il marmo e la pietra naturale siano delicati e difficili da posare. Infine, un punto di debolezza è l'impatto ambientale che ha inevitabilmente il settore lapideo, soprattutto in fase di estrazione. Questo aspetto costituisce una minaccia nella misura in cui allontana il settore dal resto della società che dovrebbe assegnargli quella che è la licenza sociale a operare su un bene che è della collettività: la montagna. La soluzione risiede in un impegno da parte del settore a creare un valore condiviso attraverso una maggiore attenzione all'ambiente e maggiori investimenti in ricerca e sviluppo che possano sviluppare nuovi settori e creare terreno fertile per la nascita di nuove imprese e nuovi posti di lavoro.

Alcuni comparti che sembrano essere promettenti, anche per la creazione di futuri posti di lavoro, sono quello del design e quello del recupero dello scarto per la nascita di nuovi prodotti in un'ottica di economia circolare. Un ruolo fondamentale riveste la formazione che garantisce il passaggio intergenerazionale senza perdita di competenze.

A questo proposito stanno per essere messi a regime due progetti di formazione strategica per il settore lapideo, in cui IMM risulta partner, per la formazione di addetti e tecnici in fase di estrazione e lavorazione.

I progetti coinvolgeranno anche la Scuola del Marmo di Carrara che rappresenta un unicum in tutto il territorio nazionale. Non risulta, invece, nei partenariati sui bandi di formazione strategica 2017/2018 l'Accademia di Belle Arti di Carrara, una realtà importante che potrebbe rappresentare una risorsa anche per la formazione in termini di design. Non esiste, attualmente, un corso di formazione sul design con la pietra naturale.



Regione Toscana



I punti sopra esposti sono sintetizzati nella Tabella 1.

Tabella 1: SWOT ANALYSIS

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilità di una varietà di marmi e pietre ornamentali di ottima qualità. • Eccellenza nelle lavorazioni riconosciuta in tutto il mondo • Tecnologie avanzate per la lavorazione • Esperienza secolare nel settore • Ottimo livello di internazionalizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Assenza da parte degli operatori di una visione di sistema del settore • Assenza di un marchio e conseguenti diritti di proprietà • Basso livello degli investimenti in marketing • Impatto ambientale del settore
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Rafforzamento del settore attraverso la creazione di valore condiviso e conseguente approvazione sociale • Produzione di nuovi materiali dallo scarto in un'ottica di economia circolare • Registrazione di un marchio • Creazione di un Design District attraverso la collaborazione tra imprese, Accademia e Scuola del marmo e centri di ricerca • Interventi formativi mirati per garantire il passaggio intergenerazionale della conoscenza nel comparto di estrazione e lavorazione artistica • Interventi formativi sul design con la pietra naturale 	<ul style="list-style-type: none"> • Mancanza di una "Social Licence to operate" • Concorrenza da parte di paesi che prestano scarsa attenzione a problematiche di tipo ambientale e sociale • Concorrenza da parte del settore della ceramica e della pietra artificiale

Sulla base delle premesse di cui sopra, sono state elaborate **sei roadmap strategiche** per la specializzazione intelligente del settore lapideo toscano in seguito a un processo partecipativo che ha coinvolto gli operatori del settore e i portatori d'interesse. Sono stati organizzati tre incontri tematici sui temi sostenibilità, sicurezza e robotica (macro-aree di interesse inserite nel piano strategico operativo del Distretto Tecnologico regionale del Marmo e delle Pietre Ornamentali) e un incontro finale di condivisione e ratifica.

Le sei roadmap emerse dal processo partecipativo e ritenute prioritarie dal settore sono rappresentate nella Tabella 2.



Regione Toscana



Tabella 2: Le Roadmap Tecnologiche

Roadmap (titolo)	Ordine di priorità (scala 1-5)	Tecnologia implementata	Settore/ambito di applicazione
1) Economia circolare per il settore lapideo: soluzioni e sistemi per la valorizzazione degli scarti e per lo sviluppo di nuovi prodotti	1	Utensili per il taglio a secco Impianti di aspirazione e stoccaggio delle polveri in cava Tecnologie per la separazione del carbonato di calcio nelle terre da scavo Impianti per la produzione in serie di diverse varietà di manufatti dagli scarti di produzione (mattoni, lastre, marmette, pietra artificiale, pannelli)	Lapideo Ceramica Pietra artificiale Edilizia Demolizioni Cantieristica nautica
2) Tecnologie per il consolidamento delle bancate e rinforzo dei materiali	2	Tecnologie per la resinatura della bancata Resine applicabili in condizioni meteorologiche non ottimali Impianti automatizzati per il rinforzo dei materiali	Lapideo Settore chimico Nautica Manifatturiero
3) Robotica e soluzioni HiTech per il design e l'artigianato artistico	2	Sistemi di sicurezza per l'artigianato artistico e robot di piccola dimensione Realtà virtuale per la formazione nell'artigianato artistico Impianti multi-robot e multi-materiale Internet delle cose (IoT) con la pietra naturale Cybersecurity con il marmo	Lapideo Settore manifatturiero Sicurezza e forze armate Nautica Bancario Aeroportuale
4) Nanotecnologie per il miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche e la conservazione dei prodotti finiti e beni culturali	3	Materiali per superfici ad alte prestazioni (es: Idrofobicità, resistenza al fuoco) Trattamenti superficiali environment -friendly	Chimica Nanotecnologie Nuovi materiali Beni culturali Architettura edilizia
5) Tracciabilità, sicurezza e sviluppo della catena del valore: automazione dei processi di produzione e comunicazione lungo la filiera	1	Tecnologie per la tracciabilità lungo la filiera Tecnologie per il controllo a distanza dei macchinari Automazione delle procedure di controllo sulla sicurezza	Lapideo Settore manifatturiero Cantieristica nautica
6) tecnologie di monitoraggio dell'escavazione	3	Sensori in fibra ottica (Brillouin)	Lapideo Settore minerario



Regione Toscana



		Scattering Technology) Test resine epossidiche Tecnologie per l'automazione dei sistemi di monitoraggio	Ingegneria civile geotecnica
--	--	--	---------------------------------

La prima roadmap riguarda la necessità di avviare un percorso per favorire la transizione del settore lapideo verso una economia circolare ed è stata intitolata **“Economia circolare per il settore lapideo: soluzioni e sistemi per la valorizzazione degli scarti e per lo sviluppo di nuovi prodotti”**. Un problema ancora irrisolto del settore di estrazione e lavorazione dei materiali lapidei è quello dell'enorme quantità di materiali residuali prodotti annualmente.

Si parla di oltre 3 milioni di tonnellate annue di scarti costituiti da pietre di varie dimensioni, terre e polveri, che attualmente trovano utilizzo solo in piccola parte, in settori già consolidati, con conseguenti ingenti costi di smaltimento e conseguenti problemi di tipo ambientale ed idrogeologico. Per trovare uno sbocco produttivo all'enorme quantità di residui dell'escavazione e lavorazione del marmo, è necessario:

1. Disporre di una tecnologia idonea a recuperare e riciclare i residui della escavazione e lavorazione del marmo e delle altre pietre
2. rendere l'attività di riciclo, non solo eticamente, ma anche economicamente conveniente per le aziende ad esempio studiandone l'applicazione nella produzione di nuovi prodotti. Oggi è possibile produrre mattoni o altri manufatti usando la polvere e gli impianti di produzione di manufatti in cemento. Al fine di variare l'offerta, sarebbe necessario creare un impianto sul modello, ad esempio, dei manufatti ceramici producendo anche lastre di pietra artificiale, pannelli o mattonelle. Secondo alcune stime uno stabilimento di produzione di pietra artificiale (similmarmo) in lastre di dimensioni standard, utilizzando i residui di lavorazione del marmo, avrebbe bisogno di 50/60 mila tonnellate annue.
3. Attivare un mercato per tali nuovi prodotti ad esempio attraverso l'introduzione di misure che incentivino l'utilizzo di materiali riciclati e ecosostenibili negli appalti pubblici e nelle nuove costruzioni, in ottemperanza, peraltro alla normativa vigente (Vedi: Art 34 Nuovo codice degli appalti 50/2016 e Direttiva europea 498/2008).

Per questa Roadmap le tecnologie che riteniamo prioritario sviluppare sono:

- Utensili per il taglio a secco



Regione Toscana



- Impianti di aspirazione e stoccaggio delle polveri in cava
- Tecnologie per la separazione del carbonato di calcio nelle terre da scavo
- Impianti per la produzione in serie di diverse varietà di manufatti dagli scarti di produzione (mattoni, lastre, marmette, pietra artificiale, pannelli)

Rappresentazione Grafica ROADMAP 1

Economia circolare per il settore lapideo: soluzioni e sistemi per la valorizzazione degli scarti e per lo sviluppo di nuovi prodotti

	Competenze: ingegneria meccanica	Competenze: ingegneria meccanica, marketing	Ingegneria architettura	Competenze: Chimica industriale, ingegneria ambientale, geologia
Fase TRL 1	Utensili per il taglio a secco			Raccolta delle terre e separazione del carbonato di calcio
Fase TRL 7	Tecnologia per l'aspirazione e lo stoccaggio della polvere			
Fase MRL3		Linea di produzione di varietà merceologiche di manufatti con la polvere di marmo		

tempo ↓

Attività 1: Messa a punto di un sistema integrato per l'escavazione a secco e la raccolta e lo stoccaggio delle polveri e delle terre per successiva trasformazione

L'obiettivo della roadmap è quello di fornire al settore lapideo gli strumenti perché la sua economia diventi circolare e l'attività di escavazione sostenibile. Questo presuppone la riduzione dello scarto in cava, il recupero e la gestione efficiente dello scarto prodotto.

Lo scarto in cava consiste in granulati di varia grandezza, fanghi e polveri.

I fanghi sarebbero ridotti al minimo attraverso lo sviluppo di tecnologie di taglio a secco. La tecnologia di taglio a secco con filo diamantato è ancora in una fase embrionale (TRL1) riteniamo tuttavia che lo sviluppo della stessa sia fondamentale per l'ottimizzazione del processo di recupero delle polveri attraverso i sistemi di aspirazione e successiva vendita a svariati settori (es: cartario).

La tecnologia per l'aspirazione sostanzialmente esiste, ma deve essere riadattata e adottata (TRL7).

L'escavazione produce anche terre che andrebbero gestite. Per quanto riguarda la tecnologia per la separazione del carbonato di calcio dalle terre da scavo siamo ancora in una fase di ricerca (TRL1). Le terre contengono per un 70% carbonato di calcio insieme ad altri minerali quindi una tecnologia in grado di separare le due parti risulterebbe utile al recupero.



Regione Toscana



Le competenze necessarie per lo svolgimento di questa prima attività sono di tipo ingegneristico, chimico e geologico.

Attività 2: linea di produzione di varie tipologie di manufatti con la polvere di marmo e immissione sul mercato degli stessi

La tecnologia per la produzione di manufatti è sviluppata e operante (esiste già una linea di produzione di mattoni e cordoli) ma deve essere ampliata la gamma di manufatti producibili come lastre, pannelli, mattonelle (MRL3)

Ancora in fase sperimentale la linea di produzione di pietra artificiale dallo scarto.

Questa fase è temporalmente successiva in quanto necessita di un sistema efficiente di raccolta e gestione dello scarto.

Le competenze necessarie in questa seconda fase sono ingegneristiche ma la produzione di nuovi prodotti da immettere sul mercato richiedono anche competenze di marketing e visto che si tratterebbe di prodotti per il mercato delle costruzioni sono necessarie competenze negli ambiti di architettura e design

La seconda Roadmap riguarda invece il rinforzo del materiale immesso sul mercato, per minimizzare lo spreco di una risorsa preziosa e limitata. La roadmap è stata definita come **“Tecnologie per il consolidamento delle bancate e rinforzo dei materiali”**. La pietra naturale, proprio per la sua naturalità, può presentare delle "imperfezioni", che non devono essere considerate difetti ma piuttosto peculiarità che la rendono unica, inoltre può presentare delle fratture al suo interno che potrebbero provocare la rottura del materiale in fase di lavorazione con conseguente spreco e produzione di scarti. In fase di estrazione, a causa di queste fratture la resa media in blocchi di una cava si attesta su una percentuale che va dal 25% al 35% sul totale escavato, questo significa che sul quantitativo totale estratto, mediamente solo un 25-35% è costituito da blocchi immediatamente commerciabili. La percentuale del 25%, peraltro, è quella minima richiesta dalla normativa vigente per permettere la lavorazione della cava stessa.

Gli stessi blocchi possono poi avere al loro interno delle fratture che rischiano di romperli in fase di produzione delle lastre, con problematiche connesse, in questo caso, anche al tema della sicurezza poiché il cosiddetto “frammento” del blocco sul telaio potrebbe essere molto rischioso per l'operatore. Nasce da qui l'esigenza di investire in tecnologie per il consolidamento delle bancate e per il rinforzo dei materiali.



Regione Toscana



Queste tecnologie hanno il vantaggio di garantire una migliore resa e una escavazione maggiormente sostenibile e nello stesso tempo una maggiore redditività per le aziende.

Per questa Roadmap le tecnologie che riteniamo prioritario sviluppare sono:

- Tecnologie per la resinatura della bancata
- Resine applicabili in condizioni meteorologiche non ottimali
- Impianti automatizzati per il rinforzo dei materiali

Rappresentazione grafica della ROADMAP2

Tecnologie per il consolidamento delle bancate e il rinforzo dei materiali

	Competenze Chimica, Nanotecnologie	Competenze geologia, ingegneria	Competenze Ingegneria meccanica e informatica
Fase TRL3	Resine applicabili in condizioni meteorologiche non ottimali		
Fase TRL5		Tecnologie per la resinatura delle bancate	
Fase TRL8			Tecnologie per il rinforzo dei materiali

↓
tempo

Attività1 : sviluppo della tecnologia abilitante: resine epossidiche altamente performanti in condizioni meteorologiche non ottimali (basse temperature o umidità)

Lo sviluppo di resine performanti applicabili anche in situazioni ambientali non controllate e non ottimali è abilitante allo sviluppo delle innovazioni successive che prevedono l'utilizzo della stessa.

La resina epossidica, oggi prevalentemente utilizzata, riduce la propria efficacia in situazioni di umidità. Alcune aziende stanno però tentando di sviluppare una resina che mantenga le sue proprietà di catalisi anche in situazioni di umidità o basse temperature (TRL3).

Un altro filone di ricerca sulle resine è quello che si pone l'obiettivo di sviluppare trattamenti ecosostenibili e ecocompatibili che riducano al minimo i rischi per la salute degli addetti che li



Regione Toscana



applicano e l'impatto ambientale.

Attività 2: Applicazione della tecnologia sviluppata (resina altamente performante) nell'ambiente rilevante (cava o laboratorio) attraverso lo sviluppo di tecnologie idonee all'utilizzo della stessa

la resinatura delle bancate di cava può aumentare la resa dell'escavazione fino all'80%. Oggi la resa media di una cava è pari a una percentuale che va dal 20% al 50% in termini di blocchi commerciabili, la resinatura delle bancate è in grado di aumentare significativamente questa percentuale. Ad oggi tale tecnologia è in una fase sperimentale e sono state effettuate alcune prove in ambiente di cava che hanno dato dei buoni risultati (TRL5).

La tecnologia di rinforzo dei blocchi e delle lastre è invece a uno stadio (TRL8), il sistema è completo e qualifica e necessita solo di pochi perfezionamenti. E' un sistema che dovrebbe essere adottato su larga scala al fine di minimizzare, durante il processo di produzione e movimentazione, possibili danni ai materiali estratti. la resinatura della bancata, del blocco oppure delle lastre, richiede attualmente l'applicazione della resina in un ambiente controllato, auspicabilmente sottovuoto.

La terza Roadmap fa riferimento allo sviluppo di tutte quelle tecnologie d'avanguardia relative a **"Robotica e soluzioni Hi-Tech per il design e l'artigianato artistico"**

La differenza tra design e artigianato artistico risiede nell'apporto della mano dell'uomo.

Mentre nel design, l'automazione e la robotica arrivano quasi al prodotto finito (fatta esclusione per la fase di finitura che è ancora esclusiva della manodopera artigiana), nell'artigianato artistico la tecnologia arriva a poco più del 50% dell'opera, che alla fine richiede comunque un sapiente intervento di una mano esperta, per non ridursi ad essere un oggetto standardizzato e freddo che poco ha a che fare con l'arte.

Il design coniuga requisiti tecnici, funzionali, economici e estetici e la forma che ne risulta è la sintesi di un'attività progettuale di disegno industriale per futura possibile produzione in serie. L'artigianato artistico produce invece opere uniche e la forma che ne deriva è la sintesi della mano e delle emozioni dello scultore.

Design e artigianato artistico hanno quindi esigenze diverse, anche in termini di tecnologie applicabili. L'artigianato artistico ha bisogno di strumentazioni efficienti e sicure ma non ha la necessità di linee di produzione o sistemi automatizzati. Riteniamo sia tuttavia necessario sottolineare l'importanza di



Regione Toscana



questo comparto del settore della pietra naturale, per evitare di dimenticarne le sorti seguendo soltanto obiettivi di sviluppo di tecnologie avanzate e design di avanguardia. Considerando una strategia di marketing emozionale, l'artigianato artistico ha, infatti, un importante impatto comunicativo di cui ha beneficiato l'intero settore che è visto in tutto il mondo come sinonimo di eccellenza, arte e cultura. Il settore si presta allo sviluppo di tecnologie di realtà virtuale per il raggiungimento di obiettivi di formazione dei giovani scultori ma anche di marketing e promozione.

Il Design, d'altro canto, è un settore in crescita e sono molteplici gli utilizzi del marmo o di altre pietre per la produzione di oggettistica di piccola dimensione: occhiali da vista, lampade, piatti, lampadari. Ultimamente, inoltre, si sta facendo strada una linea di sviluppo di prodotti interattivi in marmo e altre pietre (tavoli interattivi multi-Touch, basi per la ricarica del cellulare, lampade la cui accensione è controllabile tramite iPhone etc.). Il Design permette anche di recuperare materiali di scarto in un'ottica di economia circolare.

Per quanto riguarda la robotica, negli ultimi venti anni la struttura meccanica dei robot è rimasta praticamente invariata ma sono stati fatti molti passi in avanti per quanto riguarda sicurezza, riduzione degli ingombri e precisione.¹ Il singolo robot può ormai svolgere qualsiasi tipo di mansione ma manca ancora un efficiente sistema multi-robot e multi-materiale, ossia una linea con più robot che dialogano tra loro, per la produzione anche di oggetti multimateriale in un contesto di Industria 4.0.

Per questa Roadmap le tecnologie che riteniamo prioritario sviluppare sono:

- Sistemi di sicurezza per l'artigianato artistico e robot di piccola dimensione
- Realtà virtuale per la formazione nell'artigianato artistico
- Impianti multi-robot e multi-materiale
- Internet delle cose (IoT) con la pietra naturale
- Cybersecurity con il marmo

¹ Versilia Produce (2016) "Apuo-Versilia, area con la più alta diffusione di robot", Feb 2016



Regione Toscana



Rappresentazione Grafica ROADMAP 3

	Competenze informatiche, Industria 4.0	Competenze geologiche e Industria 4.0	Competenze ICT, Istituti d'arte, aziende artigiane, Industria 4.0
Fase TRL2	Impianti multi-robot e multi-materiale	Cybersecurity con il marmo	
Fase MRL5	Internet delle cose (IoT) con la pietra naturale		
Fase MRL2			Realtà virtuale per la formazione nell'artigianato artistico

↓
tempo

Attività 1: Ricerca e sviluppo per la produzione industriale di nuove categorie di prodotto di design anche multimateriale

Oggi i robot hanno una flessibilità che permette loro di fare quasi qualsiasi cosa, quello su cui la ricerca sta puntando è la realizzazione di impianti multi-robot tra loro comunicanti sul modello **industria 4.0**. La realizzazione di impianti di questo tipo e la conseguente automatizzazione di processi di produzione complessi può essere applicata in generale a qualsiasi materiale (es: legno, vetro, metallo...). Questo può portare nell'ambito del design a lavorare contemporaneamente materiali diversi su una stessa linea e alla realizzazione di prodotti multi-materiale. Lo sviluppo di una tecnologia multi-robotizzata e il conseguente sviluppo di linee di produzione multi-materiale richiede oggi l'adattamento e la messa in rete di tecnologie già esistenti attraverso lo sviluppo di software appositi. (TRL2)

Sempre in un'ottica di Industria 4.0 la ricerca sta puntando sulla realizzazione di prodotti interattivi attraverso l'applicazione di elementi elettronici e sensori ai prodotti lapidei. Se a questi prodotti si riesce a unire elementi di tipo elettronico e sensoristico si entra nell'ambito della IoT, ad oggi a un livello di sviluppo intermedio prototipale (MRL5)

Lo sviluppo di pannelli di marmo cybersicuri, invece, è concettualmente realizzabile date le caratteristiche del marmo ma è necessario approfondire la ricerca e misurare il livello di interferenza del singolo pannello e di diverse composizioni su pavimentazioni e rivestimenti, siamo in una fase TRL2.



Regione Toscana



Attività 2: Formazione delle maestranze dell'artigianato artistico

Nell'artigianato artistico emerge la necessità di formare giovani scultori con formazione nelle aule ma anche, e soprattutto, presso i laboratori artigiani. La realtà virtuale può essere un soluzione intermedia in quanto permetterebbe virtualmente di entrare in contatto con l'ambiente di lavoro e interagire con esso, per capire e portare ad una conoscenza approfondita e per sperimentare. Permetterebbe la realizzazione di corsi di formazione a distanza e, al contempo, valorizzerebbe il patrimonio storico e culturale che il marmo e la pietra naturale rappresentano.

La realtà virtuale è oggi un tecnologia ormai matura e l'applicazione della stessa per la formazione artigiana degli scultori richiederebbe soltanto di essere adattata per essere utilizzata nella formazione in questo ambiente di lavoro (MRL2)

La quarta roadmap si intitola **"Nanotecnologie per il miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche e la conservazione dei prodotti finiti e beni culturali"**

Si rileva la necessità di sviluppare nanotecnologie e trattamenti superficiali che migliorino le caratteristiche fisico meccaniche dei prodotti lapidei e ne migliorino la durabilità attraverso una azione protettiva utile anche per la conservazione dei beni culturali.

Si rileva la necessità di sviluppare anche nanotecnologie che attribuiscono al prodotto lapideo proprietà aggiuntive ad esempio battericida o "mangiasmog". Un esempio è il cemento fotocatalitico di Italcementi che ha una funzione di auto-pulizia e disinquinamento con il quale è stato costruito il padiglione Italia a Expo2015. Tale cemento esteticamente bianco e brillante è stato prodotto attraverso l'utilizzo di polvere di marmo.

Per questa Roadmap le tecnologie che riteniamo prioritario sviluppare sono:

- Materiali per superfici ad alte prestazioni (es: Idrofobicità, resistenza al fuoco,)
- Trattamenti superficiali environment –friendly



Regione Toscana



Rappresentazione grafica ROADMAP 4

	Competenze Ingegneria e Chimica
Fase MRL8	Materiali per superfici ad alte prestazioni.
Fase MRL8	Trattamenti superficiali environment-friendly

tempo

Attività 1: Applicazione dei trattamenti superficiali esistenti ai prodotti lapidei e ai beni culturali

La tecnologia è ad uno stadio avanzato di sviluppo deve soltanto essere adattata e applicata al materiale lapideo. Siamo a uno stadio di MRL8 in cui sono state sperimentate alcune applicazioni al lapideo ed è possibile avviare una linea pilota di trattamento dei materiali lapidei con materiali nanotecnologie ad alte prestazioni.

La quinta Roadmap ha a che fare con tutti i processi di automazione della linea produttiva in un'ottica di maggior sicurezza per gli operatori sul luogo di lavoro e tracciabilità dei prodotti.

Il titolo di questa roadmap è: **“Tracciabilità, sicurezza e sviluppo della catena del valore: automazione dei processi di produzione e comunicazione lungo la filiera”**

L'automazione permette di aumentare la sicurezza nella misura in cui allontana l'operatore nel caso di processi produttivi rischiosi (vedi processi di escavazione o resinatura dei materiali)

E' utile evidenziare anche l'utilità di sviluppare soluzioni per automatizzare la comunicazione lungo la filiera in processi verticali non integrati.

L'automazione dei processi produttivi e della comunicazione facilita l'elaborazione di sistemi efficienti per la tracciabilità dei prodotti lapidei.

Per questa Roadmap le tecnologie che riteniamo prioritario sviluppare sono:

- Tecnologie per la tracciabilità lungo la filiera
- Tecnologie per l'automazione e per il controllo a distanza dei macchinari
- Automazione delle procedure di controllo sulla sicurezza



Regione Toscana



Rappresentazione grafica ROADMAP 5

Tracciabilità, sicurezza e sviluppo della catena del valore: automazione dei processi di produzione e comunicazione lungo la filiera

	Competenze informatiche, Industria 4.0	Competenze Ingegneristiche, informatiche, Industria 4.0
Fase MRL8		Tecnologie per l'automazione e il controllo a distanza dei macchinari
Fase MRL5		Automazione delle procedure di controllo sulla sicurezza
Fase MRL3	Tracciabilità dei prodotti	

tempo ↓

Attività 1: Aumentare a sicurezza sul luogo di lavoro favorendo l'adozione di tecnologie per l'automazione dei processi produttivi e di comunicazione

Il controllo a distanza permette di ridurre il rischio del operatore in processi produttivi complessi, la tecnologia è sviluppata e utilizzata per alcune applicazioni.

Un esempio di automazione dei processi di comunicazione riguarda lo sviluppo di sistemi digitalizzati 4.0 per facilitare interventi sistematici di informazione specifica e di allerta situazionale, di monitoraggio e di feedback in materia di sicurezza dei comportamenti nelle attività lavorative. Esistono prototipi che richiedono la sperimentazione nell'ambiente rilevante.

Attività 2: Sviluppo di un sistema di tracciabilità snello e poco impegnativo per gli operatori

La tracciabilità della produzione è prioritaria per la Regione Toscana che ha scommesso soprattutto sulla qualità dei propri prodotti. Oltre ai più tradizionali codici a barre, RFid, QRcode, una linea di ricerca, ad esempio, riguarda la *Video Content Analysis* ossia la possibilità tecnica di analizzare automaticamente contenuti video generalmente utilizzati a fini di sicurezza e sorveglianza per determinare anche eventi spaziali e temporali. Tradizionalmente applicata ai campi della salute,



Regione Toscana



automotive, trasporti, home e industrial automation, safety & security. Una sorta di videosorveglianza intelligente che permetterebbe di riconoscere e tracciare il blocco attraverso tutte le fasi di lavorazione senza l'applicazione di codici o etichette. Le tecnologie per la tracciabilità esistenti richiedono un adattamento per l'applicazione nel settore lapideo (MRL3).

Infine, la sesta roadmap è sempre relativa al tema della sicurezza in quanto mira a monitorare la stabilità dei fronti di cava con particolare riferimento alle cave in galleria. Il titolo della Roadmap è: "**Tecnologie per il monitoraggio dell'escavazione**"

Nell'attività estrattiva di materiali lapidei emerge l'esigenza di strumenti di monitoraggio e analisi dati, che consentano, direttamente in cava, di programmare l'attività in modo più efficiente, seguendo le vene del marmo, per evitare sprechi, estrarre un materiale privo di fratturazioni e quindi qualitativamente migliore, garantendo la sicurezza degli operatori.

Negli ultimi anni sensori a fibre ottiche sono utilizzati per misurare e monitorare corpi soggetti a varie tipologie di stress quali deformazione, spostamenti, temperatura e pressione. Questa recente tecnologia è utilizzata con ottimi risultati per il monitoraggio di opere d'ingegneria civile ed in via sperimentale con buoni risultati per il monitoraggio di pareti in roccia. I sensori a fibra ottica costituiscono una tecnologia di ultima generazione in grado di fornire misure accuratissime di spostamenti in tempo reale in differenti luoghi e simultaneamente a costi minori rispetto ai tradizionali sistemi di monitoraggio meccanici ed ottici.

L'uso di sensori distribuiti in fibra ottica garantisce la flessibilità dei sistemi di monitoraggio, riconoscendo segnali di cedimenti con maggior precisione e anticipo rispetto alle tradizionali tecniche, con conseguenze dirette in termini di miglioramento della sicurezza delle maestranze sul luogo di lavoro.

Un tale sistema di monitoraggio consente inoltre di poter programmare razionalmente l'attività estrattiva a breve e medio termine nel rispetto delle norme di sicurezza e nell'interesse dell'attività produttiva.

Per questa Roadmap le tecnologie che riteniamo prioritario sviluppare sono, di conseguenza:

- Sensori in fibra ottica (Brillouin Scattering Technology)
- Test resine epossidiche
- Tecnologie per l'automazione dei sistemi di monitoraggio



Regione Toscana



Rappresentazione Grafica ROADMAP 6

Nuove tecnologie di monitoraggio di pareti di cava potenzialmente instabili (a cielo aperto e in sotterraneo)

	Competenze: Ingegneria elettronica	Competenze: Ingegneria meccanica	Competenze: Geologiche, Ingegneria elettronica ed informatica
Fase TRL 1	Sensori in fibra ottica (Brillouin Scattering Technology)		
Fase TRL 4		Test in laboratorio per la valutazione della risposta meccanica resine / marmo	
Fase TRL 7			Tecnologie per l'automazione dei sistemi di monitoraggio

tempo ↓

Attività 1: Analisi delle possibilità di impiego delle fibre ottiche per il monitoraggio di pareti di cava e sperimentazione in laboratorio finalizzata alla ricerca delle resine più adatte all'adesione fra il filo della fibra ottica e la massa marmorea che consenta una tenuta duratura anche in condizioni climatiche estreme.

Attività 2: Progetto, messa in opera e collaudo del sistema di monitoraggio e del sistema di early warning