



io
roma

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

N 3/2019

Quaderno



In copertina:
Immagine di repertorio

Il saluto del Presidente

Dott. Ing. Carla Cappiello



Connected Care

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma qualche settimana fa ha ricevuto l'invito della Federazione delle Associazioni Incontinenti e Stomizzati a partecipare alla conferenza stampa, in cui è stato presentato il progetto SOS-Smart Ostomy Support. Questa iniziativa sperimentale, che offre assistenza a distanza per i pazienti cronici portatori di stomia ed ex stomizzati in fase riabilitativa, ha tra gli ideatori un nostro iscritto, l'Ing. Nicola Caione.

Quando l'Ing. Caione ha presentato l'idea al Consiglio dell'Ordine, ne abbiamo subito compreso la grande valenza e offerto il nostro supporto. SOS-Smart Ostomy Support è un grandissimo esempio di come l'ingegneria possa e debba servire per la risoluzione di problemi collegati alla salute, che possono molte volte essere impattanti per chi li vive e per la società in generale. A mio avviso si devono utilizzare sempre di più la tecnologia e il digitale nell'ambito sanitario. L'invecchiamento della popolazione, l'aumento delle patologie croniche legato anche a stili di vita scorretti e le limitate risorse economiche e umane mettono sotto pressione il sistema sanitario, imponendo un cambiamento che deve concretizzarsi in migliori servizi per gli assistiti, maggiore efficienza dell'assistenza medica da parte dei professionisti e razionalizzazione delle risorse economiche.

Tutte le istituzioni sia a livello centrale, (ministero della Salute, MEF, Agid, ecc.), sia a livello locale, (Regioni e Aziende Sanitarie), per venire incontro ai nuovi bisogni di salute dei cittadini, si devono rivolgere alla *Connected Care*.

Il cittadino-paziente deve essere messo al centro del sistema. Si devono, pertanto, creare dei modelli organizzativi atti a favorire l'integrazione delle cure tra ospedale e territorio. Alla base di tutto ci deve essere la tecnologia sia a supporto dei processi interni alle strutture ospedaliere sia a supporto dell'interconnessione tra paziente e personale medico lungo tutto il percorso di cura. La tecnologia può, infatti, favorire l'accesso ai dati sanitari, la fruizione dei servizi, il monitoraggio dello stato di salute, delle terapie e degli esiti. Si possono generare anche comportamenti preventivi basati su analisi di modelli statistici.

I dati della Ricerca 2019 dell'Osservatorio Innovazione Digitale in Sanità del Politecnico di Milano, anche se evidenziano una diffusione ancora bassa della *Connected Care*, mostrano un crescente interesse verso le nuove tecnologie da parte dei cittadini e il riconoscimento della loro importanza da parte degli operatori sanitari. E sicuramente SOS-Smart Ostomy Support ne è un esempio.

Sono convinta che tanto c'è da fare e tanto si può fare. E noi ingegneri siamo a disposizione della collettività per l'implementazione di questi processi di cambiamento.

Ing. Carla Cappiello
Presidente

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

L'Editoriale

Ing. Francesco Marinuzzi Ph.D.



L'indeterminazione

In questo numero sviluppiamo il tema dell'indeterminazione, del rischio e delle incertezze. Nel tempo sono state sviluppate varie metodologie ed approcci per la loro gestione fra cui, ad esempio, lo stesso *project management* così centrale in molti progetti ingegneristici.

Ne sono testimonianza il contributo di Lovecchio sull'analisi dei rischi nei progetti che illustra gli approcci più consolidati sul tema e l'articolo di Ricci, di particolare pregio e stimolo, perché propone una nuova teoria da lui stesso definita "fisico-matematica" e un "modello pratico" per la valutazione delle condizioni di incertezza: una lettura non immediata e dal grande potenziale innovativo utile per più contesti in cui domina l'indeterminazione. Lo stesso articolo magistrale di Raimondo sulla *dividente demaniale marittima* e sulla sua corretta individuazione sembra metaforicamente riprendere il tema della risoluzione della indeterminazione, in questo caso, fra mare/zona pubblica e terra/parte privata ai fini, anche, del crescente contenzioso. L'articolo sull'acustica di Calanna e Venditti, invece, tocca il tema importante degli isolamenti acustici così importanti negli ambiti formativi e nelle scuole per garantire concentrazione ed attenzione. I contributi classici di Nicolai, Saitto, Piermarini, Gasbarone, Mancuso e Carletti sui satelliti, sul 5G e sul nuovo mondo 4.0 sono, invece, già di per sé oltre i confini tradizionali e più familiari determinati e percepiti dai nostri sensi. Di poi il contributo di Di Leo *A vele spiegate verso Alpha Centauri* spinge il confine del certo e noto ancora più avanti descrivendo il progetto *Starship*, già finanziato con 100 milioni, che prevede di mandare verso gli spazi interstellari, a distanze di migliaia di anni luce, sciame di migliaia di microchip di un grammo di peso ognuno con una propria vela spinta da fasci luminosi generati anche da laser.

Nella attuale società, pertanto, i *confini del noto* si sono dilatati notevolmente: gli spazi coinvolti oscillano dai 10^{-9} metri delle lunghezze d'onda delle fibre fino ai 10^6 o 10^{12} metri degli elementi dello spazio che si vuole raggiungere quali Alpha o Proxima Centauri ed i tempi dai *picosecondi* dei ritardi di fase fino agli *anni luce* delle distanze planetarie. In sintesi, potremmo dire che *questi confini*, in continua espansione, hanno raggiunto una complessità di circa 10^{45} molto simile a quella di tutte le possibili partite verosimili degli scacchi.

E l'indeterminazione ed il rischio degli eventi e delle situazioni sono strettamente connessi a questo *confine lontano dei sensi* che a ben vedere parla più del livello delle nostre conoscenze che dei fenomeni in sé.

Questi invero sono attributi del soggetto tant'è che non appena risolviamo le problematiche più critiche del momento ed espandiamo il confine del noto, subito, congiuntamente, con lo stesso risolverle, ci ritroviamo in nuovi spazi ignoti sottilmente connessi sincronicamente e per simmetrie ai precedenti. Sia nel dominio più tecnico scientifico della ingegneria sia in quello medico e biologico. Quest'ultimo settore, di poi, è giunto a scale temporali e spaziali che lo pongono in una forte dialettica con quello digitale anche nella genesi dei fenomeni.

Probabilmente lo sviluppo di una *metaconoscenza* che illumini le logiche di tali sincronie, simmetrie e dialettiche fra le fasi di espansione delle conoscenze che contenga la maglia e la trama del tempo, in termini non solo di durata ma anche di istanti significativi e *kairos* potrebbe fare la differenza a livello epistemologico così come la teoria della relatività di Einstein superò le logiche di Newton ma, per il momento, godiamoci questo viaggio nei confini del noto offerto dai preziosi contributi dei nostri colleghi.

Buona lettura.

Francesco Marinuzzi Ph.D.
Direttore Editoriale





**Direttore responsabile**

Stefano Giovenali

Direttore editoriale

Francesco Marinuzzi

Comitato di redazione**Sezione A**

Carla Cappiello

Gioacchino Giomi

Lucia Coticoni

Giuseppe Carluccio

Carlo Fascinelli

Lorenzo Quaresima

Manuel Casalboni

Filippo Cascone

Alessandro Caffarelli

Massimo Cerri

Francesco Fulvi

Tullio Russo

Sezione B

Giorgio Mancurti

Amministrazione e redazione

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

Direttore creativo e progettazione grafica

Tiziana Primavera

Stampa

Press Up

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

www.ording.roma.it

segreteria@ording.roma.it

editoriale@ording.roma.it

Finito di stampare: febbraio 2020

Il Quaderno IOROMA è una estensione alla rivista IOROMA

La Direzione rende noto che i contenuti, i pareri e le opinioni espresse negli articoli pubblicati rappresentano l'esclusivo pensiero degli autori, senza per questo aderire ad esse.

La Direzione declina ogni qualsiasi responsabilità derivante dalle affermazioni o dai contenuti forniti dagli autori, presenti nei suddetti articoli.



MISTO
Carta da fonti gestite
in maniera responsabile
FSC® C109382

GLI EDITORIALI

Il saluto del Presidente <i>di Carla Capiello</i>	1
L'Editoriale <i>di Francesco Marinuzzi</i>	2

GLI ARTICOLI

Dividente demaniale marittima <i>P. Raimondo</i>	8
L'acustica nelle scuole <i>M. Calanna, A. Venditti</i>	22
L'Analisi dei Rischi nei Progetti <i>R. Lovecchio</i>	32
La quarta rivoluzione industriale e il piano governativo impresa 4.0 <i>G. Mancuso, C. Carletti</i>	42

APPROFONDIMENTI

Le valutazioni in condizioni di incertezza <i>G. Ricci</i>	54
A "vele spiegate" verso Alfa Centauri <i>C. Di Leo</i>	74
Il satellite e le reti 5G <i>G. Nicolai, A. Saitto, R. Piermarini</i>	94
Evoluzione delle infrastrutture TELCO verso il 5G e Industria 4.0 <i>G. Gasbarrone</i>	108

L'AREA WEB DEL QUADERNO E DELLA RIVISTA	120
---	-----



Dividente demaniale marittima

Il presente contributo intende fornire un quadro di insieme, sia pur sommario, sui principali aspetti inerenti alla corretta individuazione della dividente demaniale marittima anche alla luce del crescente contenzioso in materia.



a cura di
Ing. P. Raimondo

Commissione
CTU

visto da
Ing. B. Lo Zupone
Ing. R. Villa

Premessa

La dividente demaniale marittima è quella linea che divide il demanio marittimo (spiagge, porti, rade, etc.) dalle proprietà private o pubbliche. Fino alla prima metà del secolo scorso i terreni a confine con il demanio avevano ridotto interesse economico perché di fatto spesso scarsamente utilizzabili a fini produttivi.

Ad esempio, le dune costiere a volte venivano coltivate, ma la produttività delle stesse era relativamente modesta mentre era relativamente alto il rischio che una mareggiata straordinaria vanificasse gli sforzi agricoli.

Con l'esplosione del turismo di massa e delle "vacanze al mare" i litorali italiani sono stati interessati da un boom edilizio senza precedenti (purtroppo non sempre legittimo); conseguentemente i terreni a confine con la spiaggia (nel senso comune del termine) hanno acquistato nel tempo un valore considerevole e non di rado si sono verificati sconfinamenti sul demanio marittimo.

D'altro canto, le modifiche antropiche, non solo locali, possono rendere particolarmente difficile la ricostruzione della dividente demaniale locale. Ad esempio, gli sbarramenti costruiti nei bacini di molti fiumi italiani hanno ridotto considerevolmente l'apporto solido dei fiumi, favorendo l'erosione di parte dei litorali italiani.

In altri casi, la realizzazione di opere antropiche quali porti, moli, scogliere artificiali, etc. ha favo-

rito il ripascimento di alcuni tratti locali di costa. Anche come conseguenza della modifica della linea di costa, si è avuto nel tempo un considerevole aumento del contenzioso inerente all'individuazione della dividente demaniale marittima e quindi l'accertamento dell'effettiva estensione del demanio marittimo e delle proprietà a confine.

Beni immobili pubblici e privati

I beni immobili pubblici, cioè di proprietà degli enti pubblici, possono essere di natura demaniale o patrimoniale.

I beni demaniali sono destinati all'uso diretto da parte dei cittadini e/o alla difesa della nazione e sono per loro natura inalienabili e non usucapibili; tra questi rientra ovviamente il demanio marittimo.

I beni patrimoniali pubblici si dividono a loro volta in beni del patrimonio disponibile e indisponibile.

I beni immobili pubblici del patrimonio disponibile sono assimilabili ai beni immobili di proprietà privata e come tali sono alienabili ed usucapibili.

Invece, i beni immobili pubblici del patrimonio indisponibile (foreste, cave, etc.) non possono essere sottratti alla loro destinazione finché questa dura, ma, una volta che questa cessa, il bene può essere alienato nei modi consentiti dalla legge.



Queste distinzioni sono molto importanti nel contenzioso in quanto sussistono profili giuridici e conseguenze ben più gravi se ad esempio l'eventuale sconfinamento di uno stabilimento balneare avviene sul demanio marittimo (inalienabile e non usucapibile) piuttosto che sul patrimonio indisponibile o disponibile degli enti pubblici, o ancora su beni privati.

Da qui l'importanza, soprattutto in caso di contenzioso, di individuare l'effettiva consistenza del demanio marittimo e quindi il suo confine, tecnicamente la dividente demaniale marittima.

Demanio marittimo

Un bene può appartenere al demanio marittimo per sua natura, e cioè in base al Codice civile ed al Codice della navigazione, o in forza di titoli (acquisti, espropri, etc.).

L'art. 822, *Demanio pubblico*, del vigente Codice civile (R.D. 16 marzo 1942, n. 262) prevede che *appartengono allo Stato e fanno parte del demanio pubblico il lido del mare, la spiaggia, le rade e i porti; i fiumi, i torrenti, i laghi e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia* Similmente l'art. 28, Beni del demanio marittimo, del vigente codice della navigazione (R.D. 30 marzo 1942, n. 327) prevede che *fanno parte del demanio marittimo: il lido, la spiaggia, i porti, le rade, le lagune, le foci dei fiumi che sboccano in mare, i bacini di acqua salsa o salmastra che*

almeno durante una parte dell'anno comunicano liberamente col mare; i canali utilizzabili ad uso pubblico marittimo.

Per completezza si riferisce che già l'art. 427 del previgente Codice civile del Regno d'Italia (R.D. 25 giugno 1865, n. 2358) prevedeva che *le strade nazionali, il lido del mare, i porti, i seni, le spiagge, i fiumi e torrenti, le porte, le mura, le fosse ... fanno parte del demanio pubblico.*

L'art. 33, *Ampliamento del demanio marittimo*, del vigente codice della navigazione prevede che quando per necessità dei pubblici usi del mare occorra comprendere nel demanio marittimo zone di proprietà privata di limitata estensione e di lieve valore ad esso adiacenti, ovvero i depositi e gli stabilimenti menzionati nell'articolo 52, la dichiarazione di pubblico interesse per l'espropriazione è fatta con decreto del ministro dei trasporti e della navigazione, di concerto con il ministro per le finanze. Il decreto costituisce titolo per l'immediata occupazione del bene da espropriare.

Secondo la Corte di Cassazione (Sezione II^o, sentenza n. 10817 dell'11 maggio 2009) *nel demanio marittimo è incluso, oltre il lido del mare e la spiaggia, anche l'arenile, cioè quel tratto di terraferma che risulti relitto dal naturale ritirarsi delle acque; in particolare, la stessa disciplina giuridica della spiaggia va riferita all'arenile, i caratteri essenziali dell'una e dell'altro derivan-*



do dal fatto di essere stati entrambi un tempo sommersi dalle acque del mare, ed essendo essi determinati, sotto l'aspetto giuridico, dalla comune destinazione agli usi pubblici marittimi (accesso, approdo, tirata in secco dei natanti, operazioni attinenti alla pesca da terra, ecc.) che rivelano codesta comune attitudine, anche soltanto allo stato potenziale, alla particolare destinazione.

Riepilogando, da un punto di vista giuridico, per lido del mare si intende la striscia di terra in genere sub pianeggiante percorsa dalle onde del mare, mentre la spiaggia è quel tratto di terra sottoposto alle mareggiate ordinarie invernali e comprende il lido; infine l'arenile comprende anche quella parte di spiaggia eventualmente non più raggiunta dal mare all'attualità.

Per completezza si ricorda che la battigia è la linea lungo cui l'onda marina batte la spiaggia. Pertanto, in assenza di titoli la dividente demaniale marittima può essere individuata dalla linea di inviluppo delle mareggiate ordinarie che si sono succedute nel tempo.

Occorre pure riferire che negli stati preunitari le norme circa il demanio marittimo variavano da stato a stato.

Ad esempio, sotto lo Stato Pontificio le proprietà private si estendevano fino al mare, mentre secondo il diritto siculo la zona costiera era riservata al demanio per la larghezza di un tiro di balestra (con tutti gli interrogativi del caso sul tipo di balestra da usare, l'altezza e l'angolo di tiro, etc.).

Delimitazione del demanio marittimo

L'art. 32, *Delimitazione di zone del demanio marittimo*, del vigente codice della navigazione (R.D. 30 marzo 1942, n. 327) prevede che *il capo del compartimento, quando sia necessario o se comunque ritenga opportuno promuovere la delimitazione di determinate zone del demanio marittimo, invita, nei modi stabiliti dal regolamento, le pubbliche amministrazioni e i privati che possono avervi interesse a presentare le loro deduzioni e ad assistere alle relative operazioni. Le contestazioni che sorgono nel corso della delimitazione sono risolte in via amministrativa dal direttore marittimo, di concerto con l'intendente di finanza, con provvedimento definitivo. In caso di accordo di tutte le parti interessate il provvedimento del direttore marittimo dà atto nel relativo processo verbale dell'accordo intervenuto. Negli altri casi il provvedimento deve essere comunicato, con i relativi documenti, al ministro dei trasporti e della navigazione, il quale entro sessanta giorni dalla ricezione può annullarlo con suo decreto, da notificarsi, entro i dieci giorni successivi, agli interessati per tramite del direttore marittimo. In caso di annullamento, la risoluzione in via ammi-*

nistrativa della contestazione spetta al ministro dei trasporti e della navigazione, di concerto con quello per le finanze. Nelle controversie innanzi alle autorità giurisdizionali, la tutela dei beni demaniali spetta esclusivamente al ministro per le finanze.

Similmente, l'art. 58, *Delimitazione*, del regolamento per l'esecuzione del codice della navigazione marittima (D.P.R. 15 febbraio 1952, n. 328) prescrive le modalità per la delimitazione del demanio marittimo e cioè: *1. Il capo del compartimento notifica a coloro che possono avere interesse alle operazioni di cui all'articolo 32 del codice l'invito a intervenire alle operazioni stesse e a produrre i loro titoli. 2. La commissione delimitatrice è presieduta dal capo del compartimento o da un suo delegato e di essa fanno parte un rappresentante della intendenza di finanza ed uno dell'ufficio del genio civile. 3. La commissione procede alla data stabilita alla delimitazione anche se non interviene alcun interessato. 4. Dell'avvenuta delimitazione è redatto processo verbale, corredato dai piani e dagli altri disegni; tale verbale è firmato da tutti gli intervenuti e diviene obbligatorio per lo Stato, salvo il potere di annullamento attribuito al ministro per la marina mercantile dall'articolo 32 del codice, dopo che sia approvato dal direttore marittimo, di concerto con l'intendente di finanza*

Come insegna il Consiglio di Stato (sentenza 9 novembre 1965 n.788), *l'atto di delimitazione dei beni del demanio marittimo costituisce pronuncia a carattere dichiarativo o ricognitivo.*

Similmente, secondo la Corte di Cassazione (Sezione Penale, sentenza 25 giugno 1986) *il procedimento amministrativo di delimitazione di determinate zone del demanio marittimo ha carattere semplicemente ricognitivo e non costitutivo della demanialità..., nel senso cioè dell'accertamento di una preesistente qualifica giuridica (la demanialità di tali beni).*

Quindi, la delimitazione a mezzo di specifico verbale da redigere in contraddittorio con gli interessati è presupposto necessario, ma non sufficiente, per poter affermare un'eventuale occupazione di area demaniale.

Una volta redatto il verbale questo va inserito nel registro delle delimitazioni, esistente presso le capitanerie di porto competenti, e gli va attribuito il numero di repertorio degli atti pubblici.

Poi l'atto va registrato, per avere data certa, e notificato agli interessati per avere efficacia *inter partes*; gli interessati ovviamente possono contestarlo nei tempi e modi di legge.

Infine, vanno apposti i termini con apposito verbale da registrare e trascrivere in modo da esplicitare efficacia *erga omnes*.

Ne deriva che per poter giungere efficacemente a risultati concreti il procedimento di delimitazione del demanio marittimo e quelli connessi

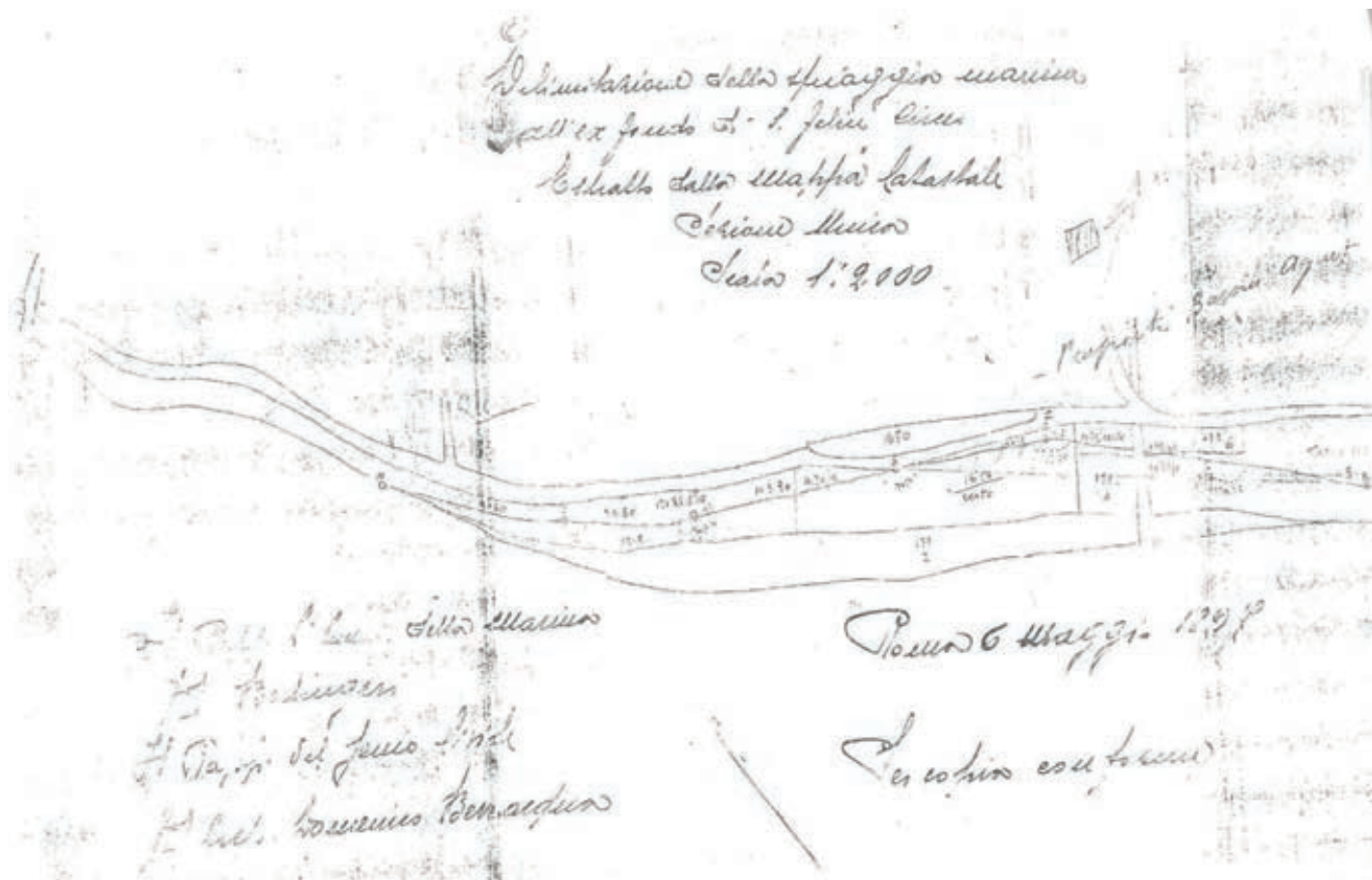


Figura 1 - Rilievo di un verbale di delimitazione del demanio marittimo del 1897

e conseguenti sono abbastanza lunghi e complessi anche per una effettiva reciproca tutela dei legittimi diritti delle parti interessate (demanio, privati e/o altre eventuali pubbliche amministrazioni).

Si evidenzia che a volte in sede di contenzioso la pubblica amministrazione produce verbali di delimitazione con misurazioni approssimative (v. Figura 1) e/o che non hanno completato il loro iter amministrativo e pertanto inidonei allo scopo.

Non di rado i verbali di delimitazione, specie quelli meno recenti, presentano rilievi non georeferenziati e/o poligonali appoggiate a punti già all'origine "effimeri" (quali piante, paletti di recinzione), che nel tempo possono essere scomparsi; a volte fanno riferimento a fabbricati non più esistenti.

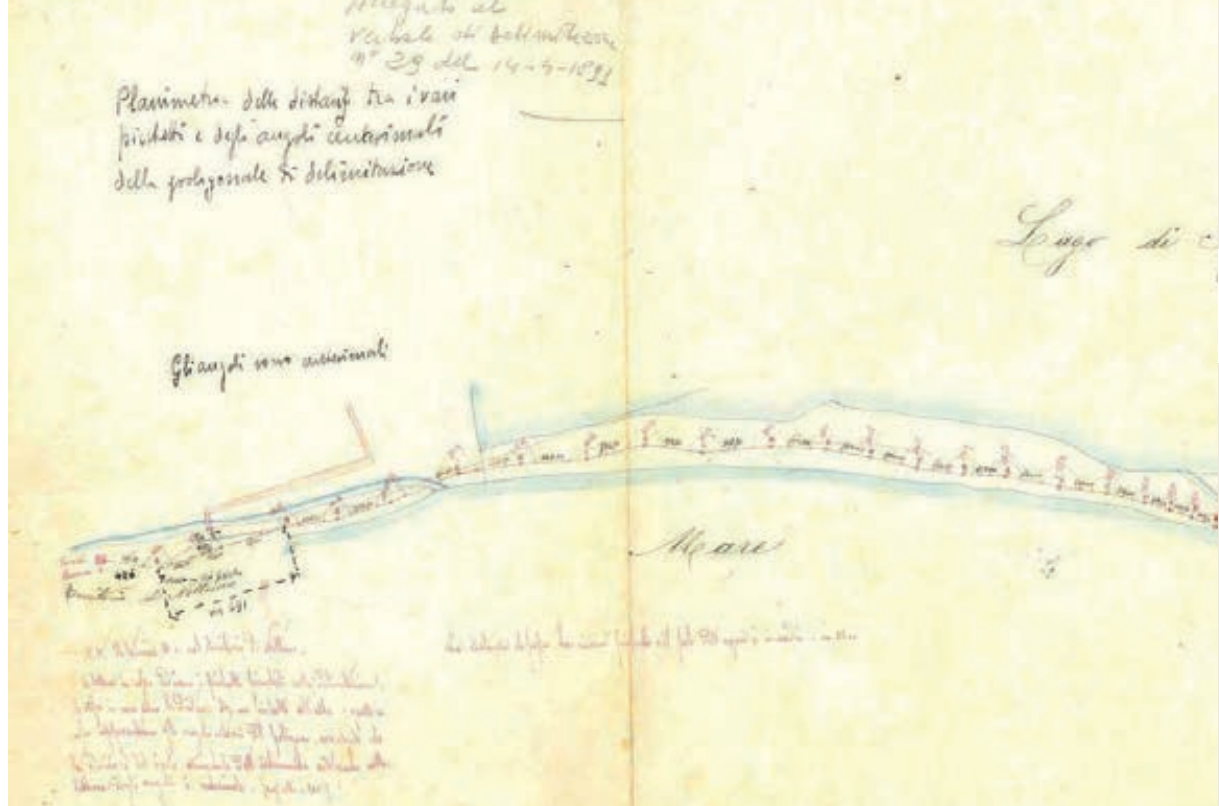
Può anche succedere che si abbia notizia da fonti documentali della redazione di verbali di delimitazione, ma che gli stessi non siano più rintracciabili dalla Pubblica Amministrazione; in altri casi è successo che i termini di confine, a suo tempo apposti, sono andati perduti a causa delle modifiche antropiche e/o naturali (ad esempio una mareggiata eccezionale).

Sembra opportuno riferire che secondo consolidato e risalente insegnamento giurisprudenzia-

le, pure quando fosse stato redatto il prescritto verbale di delimitazione del demanio marittimo in epoca remota, "decorso un congruo intervallo di tempo dalla precedente delimitazione", è necessario procedere ad una nuova delimitazione in sostituzione della precedente poiché non è prevedibile il ciclo di stabilità del litorale (ex multis Cons. di Stato, sez. VI, 16/02/1979, n. 80; Cass. penale, sez. III, 20/10/2000, n. 12.606; Tar Puglia Lecce, sez. I, 21/10/2005, n. 4.527).

Inoltre, poiché per attribuire il carattere di demanialità ad un'area occorre verificare se la medesima è destinata "nell'attualità" a pubblica fruizione (ex multis Corte Cass., sez. II°, 06/06/1989, n. 2.745; Trib Venezia, sez. I°, 02/05/1988, n. 197; Corte d'Appello di Venezia, sez. II°, 05/11/1991, n. 899; Corte Cass., sez. I°, 20/03/1998, n. 2.930; Corte Cass., sez. I°, 21/04/1999, n. 3.950), appare evidente che detta pubblica fruizione, in un arco temporale ampio potrebbe essere mutata, ammesso e non concesso che ci sia mai stata.

Infine, si riferisce che non è configurabile una sdemanializzazione tacita del demanio marittimo, potendosi attuare solamente quella espressa mediante uno specifico provvedimento di carattere costitutivo da parte dell'autorità amministrativa competente (compravendita, permuta, etc.).



Catasto e S.I.D.

Non di rado nel contenzioso demaniale si prendono a riferimento le scritture catastali, ritenendole erroneamente probatorie della proprietà e/o della demanialità di un bene, e/o le risultanze del S.I.D. (Servizio Informatico Demaniale marittimo, gestito dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti), che altro non è che una raccolta di scritture catastali. Pertanto, sembra opportuno svolgere alcune considerazioni sugli atti e le scritture catastali.

Un catasto è un registro nel quale si elencano e descrivono i beni immobili, con l'indicazione del luogo e del confine, con il nome dei loro possessori e le relative rendite, sulle quali debbono calcolarsi in modo per quanto possibile uniforme tasse ed imposte.

Il catasto ha quindi una funzione squisitamente fiscale. Il catasto vigente in Italia è, come recita il primo articolo della sua legge istitutiva (Legge 1° marzo 1886, n. 3682, cosiddetta legge Messedaglia sulla perequazione fondiaria), *geometrico particellare uniforme fondato sulla misura e sulla stima*; il catasto non è probatorio perché l'iscrizione in catasto di una particella non garantisce la proprietà giuridica da parte di colui a cui viene intestata la particella stessa.

Tant'è che l'art. 1979 del previgente Codice civile (R.D. 25 giugno 1865, n. 2358) prevedeva che *nell'atto costitutivo dell'ipoteca l'immobile da sottoporvisi deve essere specificatamente designato colla indicazione della sua natura, del comune in cui si trova, del numero del catasto o delle mappe censuarie dove esistono, e di tre almeno dei suoi confini*: di fatto gli eventuali

estremi catastali erano un dato accessorio ai fini dell'identificazione del bene traslato.

Sebbene fra le registrazioni catastali vi siano cenni relativi alle mutazioni di proprietà dei beni censiti, queste non hanno mai valore di piena prova della proprietà, contrariamente ad un'opinione popolarmente diffusa.

Le origini del catasto sono molto remote; se ne parla già all'epoca dei faraoni.

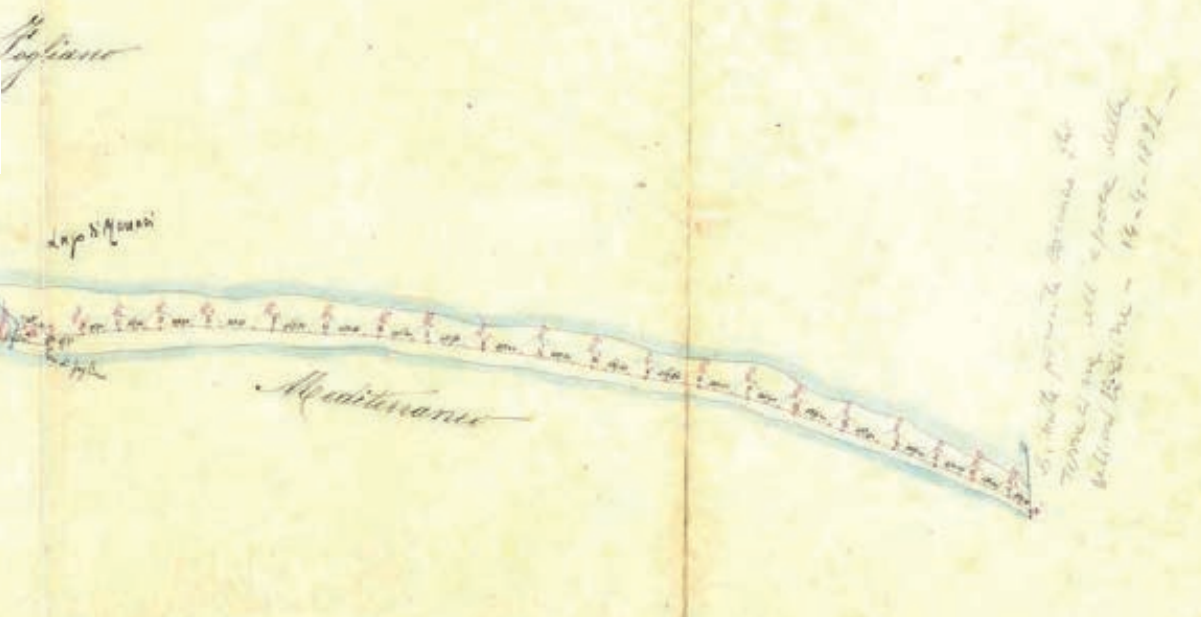
Per quanto riguarda l'Italia, i catasti comunali del medioevo stabilivano che fossero iscritti in esso i beni mobili ed immobili di ogni cittadino. Con l'unificazione del Regno d'Italia ci fu una grande rielaborazione dei catasti poiché i sistemi in uso negli stati preunitari differivano fra loro per metodo ed evidenze.

Basti pensare che nel 1861 i catasti erano ben 24, ai quali nel 1918 si aggiunse il catasto austriaco a seguito dell'annessione delle province della Venezia Tridentina e della Venezia Giulia; alcuni di questi erano geometrici, altri descrittivi, qualcuno mancava di triangolazioni, di misurazioni, etc..

Inoltre, in generale erano diversi i metodi e gli strumenti di rilievo, le unità di misura, la moneta di riferimento ed i criteri estimativi.

Per questo fu emanata la citata legge Messedaglia che ordinava l'istituzione di un catasto con l'adozione di un unico sistema di rappresentazione.

La legge, però, non riuscì a superare la differente gestione che in alcune zone del Nord Italia aveva reso praticamente non avvicendabile il cosiddetto catasto tavolare (quello austriaco), che, infatti, è ancora in uso nelle province di Trento, Bolzano e Belluno.



cartografie relative non presentano l'accuratezza di posizionamento assoluto che competerebbe ad una cartografia alla scala 1:2000 (quella più frequentemente utilizzata nelle mappe catastali), ovvero una tolleranza metrica media di 40 cm. Le cartografie attualmente rese disponibili dall'Agenzia del territorio presentano infatti scostamenti dalle posizioni reali ben maggiori e non sistematiche.

Non è quindi possibile confrontare, di prassi, posizioni assolute di infrastrutture o confini di proprietà con quelle riportate sulla cartografia catastale stessa.

Si ricorda inoltre che la proiezione cartografica secondo la quale sono state redatte le carte catastali vigenti è la Cassini-Soldner, proiezione della classe "rappresentazioni afilattiche" (nelle quali non vengono conservati né gli angoli né le aree), scelta al tempo per ridurre le deformazioni areali, mentre la proiezione cartografica attualmente adottata, secondo la specifica normativa, è la Trasversa di Mercatore della classe "rappresentazioni conformi" che mantiene sulla

carta gli angoli misurati sul terreno.

Questa differenza fa sì che la forma degli oggetti sulle mappe catastali originali è comunque diversa da quella riportata sulle cartografie più moderne.

Tale situazione di incertezza posizionale è stata recentemente (novembre 2017) in parte modificata dalla disponibilità da parte dell'Agenzia delle entrate di cartografie digitali riproiettate e posizionate in assoluto nel sistema di riferimento geodetico nazionale obbligatoriamente previsto dal D.P.C.M. 10 novembre 2011, *Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso* (G.U. n. 48 del 27 febbraio 2012 - Supplemento ordinario n. 37). Quanto sopra evidenzia l'approssimazione tecnico-giuridica nell'intestazione dei vari beni in linea con la già ricordata non probatorietà del catasto.

A conferma della inattendibilità delle scritture catastali ai fini dell'accertamento delle proprietà e dei relativi confini è risolutiva la sovrapposi-



zione tra mappe catastali ed ortofoto, consultabili nello Sportello Telematico Polifunzionale, che è lo strumento che attua il *Piano di informatizzazione*, introdotto dal Decreto Legge del 24/06/2014, n. 90, obbligatorio per tutte le pubbliche amministrazioni; tali sovrapposizioni presentano spesso scostamenti tra quanto rappresentato in catasto e la situazione reale.

A titolo di esempio, nella figura 3 si riporta un estratto della sovrapposizione tra mappa catastale e ortofoto, evidentemente sfalsate, come consultabili nello Sportello Telematico Polifunzionale della Provincia di Latina.

Le inesattezze ed approssimazioni dei dati catastali, e quindi del S.I.D., sono tali che, ad esempio, la Deliberazione della Giunta Regionale del Lazio n. 206 del 26/04/2016, *Attuazione articolo 7, comma 9-septiesdecies della Legge 6 agosto 2015 n. 125 – Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 19 giugno 2015 n.78, recante disposizioni urgenti in materia di enti territoriali. Approvazione della tabella denominata "Criticità delimitazione linea SID" ai*

fini della ricognizione della fascia costiera della Regione Lazio, ha accertato varie criticità nella delimitazione della linea SID lungo il litorale laziale e per alcuni casi ha proposto addirittura di rifare la delimitazione.

In conclusione, non è corretto in linea generale attribuire la proprietà di un bene e/o determinare un'eventuale sconfinamento solo sulla scorta delle scritture catastali perché il catasto non ha né probatorietà delle identificazioni né probatorietà topografica.

Individuazione della dividente demaniale marittima

Come già riferito, in assenza di titoli la dividente demaniale marittima è individuata dalla linea di inviluppo delle mareggiate ordinarie che si sono succedute nel tempo.

Appare evidente che questa definizione, seppure tecnicamente chiara, non è di facile applicazione specie quando il territorio è stato modificato, direttamente o indirettamente, dalle attività antropiche.

Nei seguenti paragrafi, lungi dall'essere esausti-

Figura 3
Estratto sovrapposizione
mappa catastale e ortofoto







vi, si intende fornire alcuni elementi utili all'individuazione della dividente demaniale marittima. Innanzitutto, deve essere esaminata la morfologia dei luoghi, ponendo particolare attenzione all'andamento plano altimetrico del litorale e dell'eventuale duna costiera, nonché alla vegetazione spontanea eventualmente presente.

Infatti, la presenza di vegetazione spontanea non è compatibile con l'acqua di mare e quindi con le mareggiate ordinarie invernali e, pertanto, la sua presenza può essere d'aiuto nell'individuazione della dividente demaniale marittima. Significativo è anche l'andamento del fondale marino ed il tipo di vegetazione ivi presente in quanto, ad esempio, le praterie di posidonia smorzano la forza del moto ondoso con ovvie conseguenze.

Per una descrizione generale dei litorali si consiglia lo studio di Iolanda Lisi, Antonella Brusci, Marilena Del Gizzo, Massimiliano Archina, Angela Barbano e Stefano Corsini: *Le unità fisiografiche e le profondità di chiusura della costa italiana*, rivista L'Acqua, n. 2/2010. A livello "locale" si segnala lo studio generale sul regime delle coste laziali e delle isole pontine del 1985, commissionato dalla Regione Lazio.

Successivamente, va accertata la geologia del territorio ed in particolare se i luoghi siano soggetti o meno a bradisismo per verificare se in passato (comunque dopo l'unità d'Italia) le aree oggetto di accertamento siano state raggiunte o meno dal mare.

A tal fine si può far riferimento alla Carta Geologica Italiana e, ove esistenti, a studi e relazioni di dettaglio.

Utili ad individuare l'andamento delle mareggiate ordinarie può essere l'elaborazione dei dati oceanografici rilevati dalla Rete Ondametrica Nazionale (R.O.N.), tenendo conto delle condizioni sitospecifiche (natura e pendenza della spiaggia e del fondale marino) e simultanee (vento, maree, pressione atmosferica, etc.).

Per ricostruire lo stato dei luoghi nel tempo (specie nel caso di modifiche antropiche) si può far riferimento anche alle aereofoto.

A tal proposito si segnala che sia l'Aerofototeca Nazionale che l'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) hanno un corposo archivio di aereofoto di tutto il territorio nazionale.

In particolare, l'Aerofototeca Nazionale, sezione distaccata del Gabinetto Fotografico Nazionale del Ministero della Pubblica Istruzione, detiene alcuni milioni di aereofoto tra cui quelle riprese dalla United States Army Air Force (U.S.A.A.F.) e dalla Royal Air Force britannica (R.A.F.) nei voli aerei compiuti a fini militari sul territorio italiano durante il secondo conflitto mondiale; queste aereofoto sono particolarmente utili perché documentano il territorio Italiano prima che esplodesse il boom edilizio lungo i litorali (vedi figura 4).

Vi sono poi realtà locali, quali ad esempio la S.A.R.A. – Nistri S.r.l. a Roma, che hanno un consistente archivio di aereofoto scattate nel corso degli ultimi cento anni.

Infine, anche le aereofoto tratte da internet (quali quelle di Google Maps) possono aiutare nella ricostruzione delle trasformazioni locali costiere (vedi Figura 5). Ad esempio la sovrapposizione di un'aereofoto di uno stabilimento balneare con una precedente alla realizzazione dello stesso, può essere determinante per accertare se il predetto stabilimento sia stato costruito in tutto o in parte su area originariamente coperta da vegetazione, in genere non facente parte del demanio marittimo (cfr. figura 4 e figura 5).

La sovrapposizione di varie aereofoto può fornire anche un'indicazione della linea di inviluppo delle mareggiate ordinarie che si sono succedute nel tempo.

Molto importanti possono essere gli atti di provenienza dei beni immobili a confine con il demanio marittimo, specie in caso di contenzioso,

perché a volte consentono di accertare il legittimo possesso ab immemore.

Altri elementi possono ricavarsi dai catasti preunitari, pur con tutti i già citati limiti intrinseci delle scritture catastali.

Considerazioni finali

Sulla scorta di quanto riferito appare evidente che l'individuazione della dividente demaniale marittima è un'operazione complessa, suscettibile di contestazioni, motivo per cui negli ultimi anni il contenzioso in materia di demanio marittimo con privati, ma anche altri enti pubblici, è andato costantemente aumentando.

Pertanto, saranno sempre più necessari tecnici specificatamente preparati che supportino sia la pubblica amministrazione che i privati ed i Magistrati nell'accertamento della dividente demaniale marittima.

Lo scrivente si augura che questo lavoro possa essere di spunto per approfondire la cultura tecnica in materia.



Figura 4
Estratto di un aereofoto
della R.A.F. del 1942 di un
tratto del litorale di Gaeta



Figura 5
Aereofoto di Google Maps
del 2017 del tratto di litorale
ripreso nella figura 4





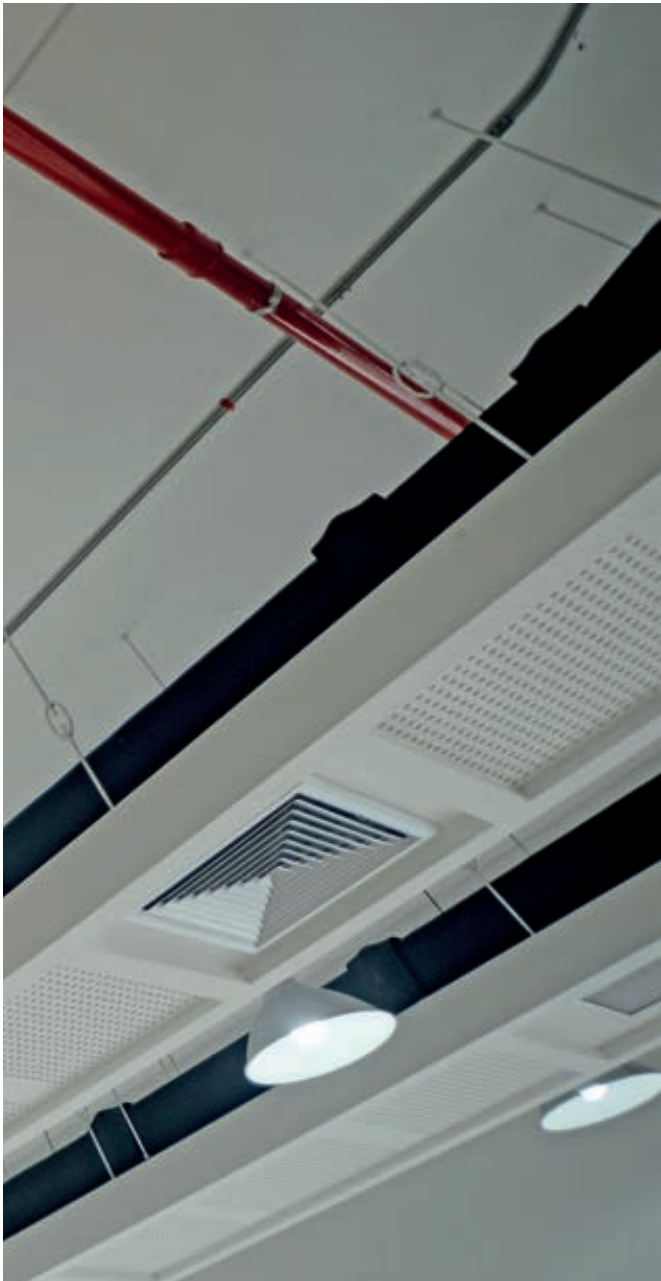
a cura di
Ing. M. Calanna
Ing. A. Venditti

Commissione
Acustica

visto da
Ing. G. Fascinelli
Ing. M. Pasca

L'ACUSTICA NELLE SCUOLE

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA



Il buon comfort acustico nelle aule scolastiche è un elemento fondamentale per garantire la concentrazione da parte degli studenti e ridurre lo sforzo vocale da parte dei docenti.

Per questi ambienti è essenziale una buona intelligibilità del parlato, quindi un adeguato isolamento acustico dall'esterno e dagli ambienti confinanti e un adatto tempo di riverberazione.

La normativa nazionale ha affrontato questo tema già dal 1967 (Circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22/05/1967 e D.M. 18/12/1975), ribadendolo con il D.P.C.M. 5/12/1997.

Con questi Decreti si impongono prescrizioni sull'isolamento acustico e limiti massimi per il tempo di riverberazione nelle aule.

Recenti disposizioni legislative hanno introdotto nuovi requisiti riguardanti il comfort acustico all'interno degli edifici pubblici e in particolare per gli edifici scolastici. Questi aggiornamenti sono stati introdotti dai Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici (ultimo aggiornamento con Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017 – G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017).

L'adozione in Italia dei C.A.M. pone nuovamente l'accento sulla questione del comfort acustico all'interno dei locali scolastici e in generale nei luoghi ove si svolgono attività didattiche.

L'articolo analizza le novità introdotte dal nuovo quadro normativo, a partire dalla **Legge 221 del dicembre 2015** e dai successivi decreti attuativi.



Premessa

Dopo circa quarant'anni dall'entrata in vigore del D.M. 18/12/1975, "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica", recenti disposizioni legislative hanno introdotto nuovi requisiti riguardanti il comfort acustico all'interno degli edifici pubblici e in particolare per gli edifici scolastici. Questi aggiornamenti sono stati introdotti dai Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione

e manutenzione di edifici pubblici (ultimo aggiornamento con Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017 – G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017).

L'adozione in Italia dei C.A.M. pone nuovamente l'accento sulla questione del comfort acustico all'interno dei locali scolastici e in generale nei luoghi ove si svolgono attività didattiche.

Nei paragrafi che seguono verrà fatta una panoramica sulle novità introdotte **nell'ambito acustico dell'edilizia scolastica** dal nuovo quadro normativo, a partire dalla **Legge 221 del dicembre 2015** e dai successivi decreti attuativi.



Legge 221 del dicembre 2015

La **Legge n. 221/2015**, introduce importanti novità sui temi dell'acustica ed in particolare l'Art. 23 indica che nel D.lgs. 152/06 e s.m.i. ("Norme in materia ambientale") devono essere inseriti dei nuovi articoli tra cui l'Art. 206-sexies che recita: *"Le amministrazioni pubbliche [...] prevedono, nelle gare d'appalto per l'incremento dell'efficienza energetica delle scuole e comunque per la loro **ristrutturazione o costruzione**, l'impiego di materiali e soluzioni progettuali idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici dalla **norma UNI 11367:2010** (Classificazione acustica) e dalla **norma UNI***

11532:2014 (*Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati*)".

La nuova norma, quindi, per i fabbricati scolastici di nuova realizzazione e per quelli che prevedono una ristrutturazione (o facciano interventi mirati all'efficientamento energetico), definisce in maniera chiara:

- quale debba essere il **tempo di riverbero massimo** all'interno delle aule (facendo esplicito riferimento alla norma **UNI 11532:2014**);
- quali debbano essere i valori di riferimento per ciò che concerne i **requisiti acustici passivi** di tali fabbricati in riferimento alla norma **UNI 11367:2010**.

Come è facile supporre, un locale destinato all'insegnamento come può essere un'aula scolastica, con una cattiva acustica interna (alto tempo di riverbero) ed un isolamento acustico carente, risulta essere un ambiente non idoneo all'apprendimento.

La contemporaneità dei due fenomeni (ma anche uno solo dei due fattori) può determinare:

- una cattiva comprensione del parlato con conseguente possibilità che i discenti possano distrarsi con più facilità (soprattutto per ciò che concerne le scuole secondarie di primo e secondo grado);
- la necessità da parte dei docenti di mantenere un tono di voce più alto del normale con la possibilità di affaticamento delle corde vocali.

Qualità acustica degli ambienti confinati

La necessità di determinare un **tempo di river-**

bero di riferimento nasce dall'assunto che le caratteristiche acustiche di un ambiente sono fondamentali per definire un adeguato livello della comunicazione e del comfort all'interno di un ambiente confinato. In particolare, per gli ambienti scolastici, come è facilmente intuibile, l'intelligibilità del parlato risulta essere un'esigenza di primaria importanza.

La norma **UNI 11532:2014** (che sostituisce la 10844:1999) fornisce gli strumenti di base per la **valutazione previsionale della qualità acustica interna di ambienti di piccole dimensioni** che non necessitano di un'approfondita progettazione acustica per garantirne la funzionalità d'uso.

Tale norma definisce inoltre i **valori di riferimento del tempo di riverberazione per il settore scolastico nel prospetto A.1** dell'Allegato A, di cui si riporta in tabella 1 un estratto:

Destinazione ambiente	Descrittore ^{a)}	Valore di riferimento ^{b)}	Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo ^{c)}	Note ^{d)}
AULE DIDATTICHE e affini					
Aule didattiche di ogni ordine e grado	<i>T</i>	≤ 1,2 s	-	IT	8) 9)

Tabella 1

Destinazione ambiente	Descrittore ^{a)}	Valore di riferimento ^{b)}	Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo ^{c)}	Note ^{d)}
LOCALI COMUNI					
Palestra scolastica	<i>T</i>	≤ 2,2 s	-	IT	8) 9)

La normativa di altri paesi presi in considerazione (Germania, Danimarca, Finlandia, Francia, Norvegia, Svezia, Regno Unito e Stati Uniti d'America) e della Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) propongono valori anche per gli altri locali presenti all'interno di un plesso scola-

stico quali: open space, aule di musica, biblioteca, laboratori, aule insegnati, refettorio, etc. Nel Regno Unito viene definito anche il tempo di riverberazione ottimale per aule in cui sono presenti bambini con deficit uditivo, come riportato in tabella 2:

Destinazione ambiente	Descrittore ^{a)}	Valore di riferimento ^{b)}	Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo ^{c)}	Note ^{d)}
AULE DIDATTICHE e affini					
Aule per bambini con deficit uditivo	<i>T</i>	≤ 0,4 s	1)	UK	8) 9)

Tabella 2

a) il descrittore preso in esame può essere il tempo di riverberazione (*T*), la chiarezza (C_{50}) o l'indice di intelligibilità del parlato (STI)

b) media aritmetica dei valori calcolati per le bande prese in esame

c) Paesi di riferimento: Italia (IT), Regno Unito (UK)

d) 8) ambiente arredato – 9) ambiente non occupato dalle persone (al massimo due sperimentatori per l'esecuzione delle misure)

Isolamento acustico

Un contributo importante per ottenere un buon livello di comfort acustico è dato anche dal **corretto isolamento dell'ambiente in esame**. Rumori provenienti dall'esterno e dagli ambienti attigui possono determinare un innalzamento del rumore di fondo e disturbare la comprensione del parlato.

Si ricorda che, in Italia, la determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici in base alla loro destinazione d'uso è stabilita dal **D.P.C.M. 5/12/97**. Al riguardo si riportano, in Tabella 3, i limiti per le grandezze da misurare in opera rispetto alle singole unità immobiliari definiti da tale decreto per gli edifici adibiti ad attività scolastica:

Classificazione degli ambienti abitativi		Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici				
Categoria	Descrizione	R'_w	$D_{2m, nT, w}$	$L'_{n, w}$	$L_{A, max}$	$L_{A, eq}$
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	≥ 50 dB	≥ 48 dB	≤ 58 dB	≤ 35 dB(A)	≤ 25 dB(A)

Tabella 3
Limiti imposti dal D.P.C.M. 5/12/97 per le attività scolastiche (Allegato A - Tabella A e B) – misure in opera

Definizione dei requisiti acustici	
R'_w	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti - misura in opera
$D_{2m, nT, w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata
$L'_{n, w}$	Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato - misura in opera
$L_{A, max}$	Livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow per servizi a funzionamento discontinuo
$L_{A, eq}$	Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A per servizi a funzionamento continuo

Tabella 4
Descrittori acustici definiti nel D.P.C.M. 5/12/97

A livello legislativo la novità introdotta dal C.A.M. (Decreto Ministeriale 11/10/2017), che richiama per la prima volta in una legge la norma **UNI 11367:2010**, ridefinisce, nel **prospetto**

A.1 dell'Allegato A, i valori di riferimento per i requisiti acustici passivi degli edifici scolastici (e ospedalieri) che si riportano in Tabella 5:

Parametro di riferimento	U.d.M.	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m, nT, w}$	dB	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w	dB	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n, w}$	dB	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione	dB(A)	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione	dB(A)	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT, w}$	dB	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT, w}$	dB	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw}	dB	63	53

Tabella 5
Valori di riferimento UNI 11367:2010 per gli edifici scolastici (Prospetto A.1 Appendice A) – misure in opera

Importante sottolineare che, rispetto al D.P.C.M. 5/12/97, **la nuova norma introduce 3 ulteriori valori da verificare** all'interno dei plessi scolastici (e ospedalieri) che riguardano l'isolamento tra **locali attigui afferenti alla stessa unità immobiliare**.

Questo aspetto risulta essere decisamente importante poiché il precedente decreto prevedeva il rispetto dei limiti esclusivamente tra unità immobiliari differenti (subalterni diversi a livello catastale). Prima dell'entrata in vigore del nuovo disposto normativo, infatti, aule all'interno della stessa scuola (o le stanze di degenza all'interno degli ospedali) non erano soggette a verifiche di isolamento rispetto, ad esempio, alla partizione di separazione con un'aula adiacente in quanto afferenti alla stessa unità immobiliare. La nuova norma, con l'introduzione dei tre indici della UNI 11367:2010 evidenziati in tabella 5, sana questa importante mancanza dell'ormai

ventennale D.P.C.M. 5/12/97.

Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017 (Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per i prodotti tessili)

L'ultimo aggiornamento in ordine temporale dei Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici è rappresentato dal **Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017** (G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017) che, al **paragrafo 2.3.5.6**, interessa aspetti di natura acustica. Rispetto a quanto introdotto dal citato **Art. 206-sexies**, che indica nel **prospetto A.1** della norma **UNI 11367:2010** i valori di riferimento per i requisiti acustici passivi degli edifici scolastici (e ospedalieri), il D.M. **11 ottobre 2017** specifica che di tale prospetto devono essere soddisfatti i livelli di **"prestazione superiore"**:

Parametro di riferimento	U.d.M.	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$	dB	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w	dB	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw}	dB	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione	dB(A)	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione	dB(A)	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$	dB	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$	dB	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw}	dB	63	53

Tabella 6
Valori di riferimento UNI 11367:2010 per le attività scolastiche (Prospetto A.1 Appendice A) – misure in opera

Tale decreto specifica, inoltre, che devono essere rispettati anche i valori caratterizzati come

"prestazione buona" nel **prospetto B.1** dell'Appendice B.

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB)	
	ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

Tabella 7
UNI 10367:2010 - Prospetto B.1 Appendice B

Rispetto alla tabella riportata del prospetto A.1 dell'Appendice A della norma UNI 11367:2010, bisogna quindi considerare un **nuovo indice** che va ad interessare l'isolamento acustico di un ambiente abitativo (aula) verso gli spazi di uso comune o collettivo (prospetto B.1 dell'Appendice B).

Questa nuova disposizione normativa aggiorna quindi i requisiti acustici passivi per gli edifici pubblici, introducendo il rispetto dei valori anche negli elementi di separazione tra aule e aule e spazi comuni, nonché per gli impianti meccanici e rende più restrittivi i valori del

“vecchio” D.P.C.M. 5/12/1997 (ad eccezione del requisito di facciata, meno restrittivo rispetto al D.P.C.M. 5/12/1997 e non correlato con il clima acustico dell'ambiente esterno).

Valori limite per le prestazioni acustiche negli edifici scolastici

Come emerge da quanto rappresentato dei paragrafi precedenti, i nuovi dettami normativi (i c.d. C.A.M.) hanno aggiornato e integrato le prestazioni acustiche che devono soddisfare gli edifici scolastici e di seguito si riporta la Tabella 8 di sintesi dei nuovi limiti da rispettare:

Parametro di riferimento	Riferimento normativo	Descrittore acustico	U.d.M.	Valori limite
Descrittore dell'isolamento acustico facciata	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	$D_{2m, nT,w}$	dB	$\geq 43^*$
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	R'_w	dB	≥ 56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	L'_{nw}	dB	≤ 53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, in ambienti diversi da quelli di installazione	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	L_{ic}	dB(A)	≤ 28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, in ambienti diversi da quelli di installazione	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	L_{id}	dB(A)	≤ 34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	$D_{nT,w}$	dB	≥ 55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	$D_{nT,w}$	dB	≥ 50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	UNI 11367:2010 – Prospetto A1 – Appendice A	L'_{nw}	dB	≤ 53
Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi	UNI 11367:2010 – Prospetto B1 – Appendice B	$D_{nT,w}$	dB	≥ 30

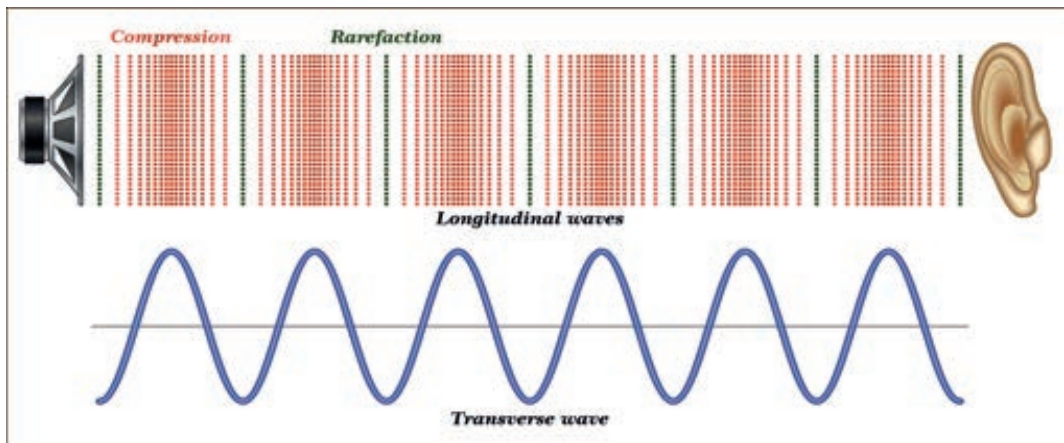
Tabella 8

*Attenzione: il limite imposto dai C.A.M. per l'isolamento acustico di facciata degli edifici scolastici è meno prestazionale rispetto a quello imposto dal DPCM 5/12/1997 pari a 48 dB

Per quanto riguarda gli aspetti del comfort acustico degli ambienti confinati, il paragrafo 2.3.5.6 Comfort acustico del D.M. 11 ottobre 2017 dispone che gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532 (“Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati”). I descrittori acustici da utilizzare sono almeno il tempo di riverberazione e lo STI (Speech Transmission Index) per l'acustica interna agli

ambienti di cui alla UNI 11532.

Si evidenzia che recentemente è stata aggiornata la UNI 11532 la quale si articolerà in più parti e ad oggi è stata pubblicata, a marzo 2018, solo la parte 1 che definisce i descrittori acustici da utilizzare e le procedure per calcoli e misure. Le parti successive riguarderanno i valori di riferimento per le diverse destinazioni d'uso. Per tale motivo ad oggi i valori di riferimento del tempo di riverberazione sono quelli della UNI 11532 del 2014.



Conclusioni

L'adozione in Italia dei C.A.M. pone nuovamente l'accento sulla questione comfort acustico all'interno dei locali scolastici e in generale nei luoghi ove si svolgono attività didattiche. I nuovi dettami normativi hanno aggiornato e integrato le prestazioni acustiche che devono soddisfare gli edifici scolastici con nuovi limiti e nuovi descrittori acustici.

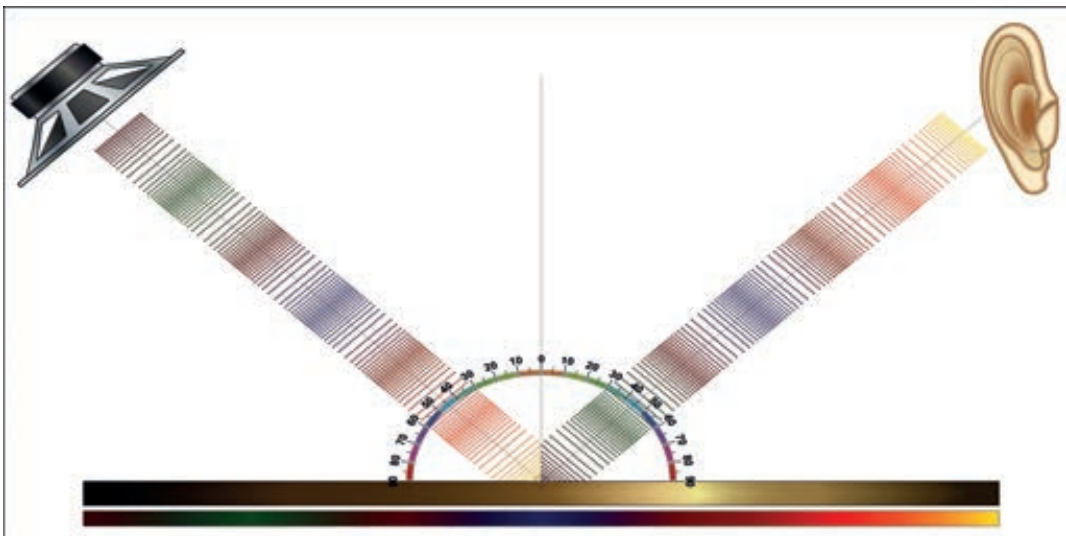
Un altro aspetto da non trascurare è quello che il progettista deve dare evidenza del rispetto delle prestazioni acustiche, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, conseguendo rispettivamente:

- un **progetto acustico**;
- una relazione di collaudo redatta tramite misure acustiche in opera che attestino il raggiungimento dei requisiti acustici passivi e dei valori dei descrittori acustici di riferimento ai sensi delle norme UNI 11367:2010, UNI 11444:2012, UNI 11532:2014.

Qualora il progetto sia sottoposto ad una verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientali degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità alle prestazioni acustiche può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal paragrafo "Comfort acustico" dei C.A.M..

Si ribadisce quindi la necessità di una corretta progettazione acustica e l'esigenza di effettuare delle misure in opera a collaudo dell'opera per verificarne la conformità.

Si ricorda in merito che, da settembre 2017, la Regione Toscana, per il rilascio dell'agibilità di nuove costruzioni (quindi non solo di opere pubbliche) richiede misure in opera sui requisiti acustici passivi (Delibera di Giunta Regionale n°1018 del 25/09/17).





Bibliografia

- LEGGE 28 DICEMBRE 2015, N.221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali "(16G00006) (GU Serie Generale n.13 del 18-1-2016);
- D.M. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mate 11/10/2017 (G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017) "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici";
- D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici";
- D.M. 18/12/75 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica";
- Circolare Ministeriale N. 3150 del 22/05/1967 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici";
- C.M. n. 1769 del 30/04/1966 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie";
- UNI 11532: 2014 "Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati";
- UNI 11532-1: 2018 – "Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali";
- UNI 11367: 2010 "Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera";
- UNI 11444: 2012 "Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali";
- UNI EN ISO 3382-2: 2001 "Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 2: tempo di riverberazione negli ambienti ordinari";
- UNI EN 12354-6: 2006 "Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Assorbimento acustico in ambienti chiusi".



a cura di
Ing. R. Lovecchio

Commissione
Project Management in
ambito Industriale

visto da
Ing. W. Reali
Ing. G. Boschi



L'ANALISI DEI RISCHI NEI PROGETTI



Si osserva sempre più spesso che numerose opere risultano terminate in ritardo o incomplete con notevoli perdite economiche, molte volte a carico della collettività, comportando una mancata fruibilità nei tempi previsti.

Progetti di varia natura e dimensione vanno oltre le date e i costi pianificati e quelli di durata medio-elevata, e piuttosto complessi, sono ancora più rischiosi nel mantenere gli obiettivi fissati.

Da una analisi fatta recentemente da istituti in-

ternazionali (i.e.: pwc), 9 progetti su 10 registrano ritardi temporali ed eccedenza costi; nei progetti industriali e nelle grandi opere solo il 5% ha mantenuto le previsioni e, nei rimanenti, il costo finale è andato ben oltre il valore iniziale, arrivando in molti casi a superare più di due volte il budget stesso.

Le cause che possono determinare l'insuccesso e persino il fallimento di un progetto riguarda molteplici fattori, dalle competenze non ade-



guate richieste per la tipologia del progetto, alla scarsa e incompleta pianificazione e programmazione, al debole e inefficace controllo in termini di tempi e costi, alla mancanza o inadatta gestione dei rischi.

Nei progetti di una certa rilevanza con numerose attività fortemente interconnesse e con il coinvolgimento di un numero sempre più elevato di soggetti, partecipanti a vario titolo e con differenti responsabilità, è richiesto un sempre più adeguato controllo manageriale.

Durante il loro ciclo di vita si possono manifestare "eventi" e "incertezze" di vario tipo che portano a risultati ben diversi dalle previsioni fatte in origine.

La Risk Analysis assume certamente particolare rilievo al fine di un sistematico controllo delle deviazioni (extra time e cost overrun) rispetto agli obiettivi ed è tesa ad affiancare e ad integrarsi con gli altri processi di Management per un forte governo del progetto.

È fondamentale, quindi, avere la capacità di individuare i rischi associati al progetto stesso in modo da poter attenuare o annullare gli impatti dei rischi medesimi.

Si può definire il rischio come un evento incerto non pianificato che, se si manifesta, potrebbe avere un effetto negativo (minaccia) oppure positivo (opportunità) su uno o più obiettivi a causa di determinate circostanze.

Il rischio è considerato come l'eventualità di subire un danno, cioè un evento che può interrompere o far slittare le attività con importanti conseguenze economico-finanziarie, temporali, sulla qualità, sulla salute, sulla sicurezza. (i.e.:

durante lo scavo si trova una formazione non prevista, resti archeologici, un incidente durante le lavorazioni, un'insufficiente disponibilità di risorse, un ritardo nell'assegnazione di un contratto, l'incertezza sulle quantità da montare, apparecchiature danneggiate e / o difettose, ...). Il rischio (R) è caratterizzato da una Probabilità (P) di accadimento e da un Impatto (I) economico, temporale, di performance, di qualità, etc ... obiettivi del progetto:

$$R = P * I$$

Nel campo ambientale, sismico, idrogeologico, il rischio (R) rappresenta un valore atteso di danno, di perdita di elementi, dovuto al verificarsi di particolari fenomeni di una data intensità in una specifica area ed in un certo intervallo temporale. E' definito quindi come combinazione di Pericolosità o Probabilità (P) di occorrenza, di Vulnerabilità degli elementi soggetti (V), di Esposizione riferita al valore dei beni esposti (E), di conseguenza:

$$R = P * V * E$$

Sono distinte alcune categorie di rischio atteso che vanno dal rischio più basso, "moderato", per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali, al rischio più alto, "molto elevato", per il quale sono possibili perdite di vite umane e incolumità delle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e all'ambiente, la distruzione di attività socioeconomiche.

La Risk Analysis è una modalità, una metodologia per identificare quali possibili rischi rappresentino potenziali insidie, minacce per la riuscita del progetto oppure opportunità; quanto



sia probabile che essi avvengano, esaminando infine se possa essere evitato che accadano oppure agire per ridurne l'impatto e gli effetti indesiderati.

Deve essere impostata già nella fase di elaborazione dell'offerta e del preventivo di progetto, con l'identificazione dei rischi più significativi gravanti su di esso e con la stima dei corrispondenti contingencies (imprevisti) stanziati a protezione degli stessi.

Nel corso della fase di realizzazione del progetto la Risk Analysis è eseguita in modo molto più dettagliato e capillare mediante un'analisi quantitativa, valutazione numerica di quanto già individuato e di nuovi elementi di rischio emersi con il suo evolversi. Durante la fase iniziale del progetto i rischi hanno una probabilità più alta e un impatto più basso, poiché il futuro è ancora tutto in divenire e gli investimenti e le risorse allocate sono ancora minimi.

La gestione del rischio è e deve essere sistematica, strutturata e tempestiva. Ciò sta a significare che non va improvvisata, non deve essere condizionata da umori o priorità, ma deve essere un'attività continua pensata su solide basi ed è tanto più efficace quanto più la gestione è efficiente anche in termini di tempi di risposta. Se si pensa al rischio, molti credono sia una preoccupazione non necessaria, un occuparsi di cose che non succederanno mai o di problemi che passeranno prima o poi, il rischio è visto come un ostacolo al proprio lavoro, un perdere tempo a fare analisi, riunioni, predisporre reports, oltretutto sostenendo costi aggiuntivi inutili. Invece la gestione del rischio, se ben fatta,

porta a ottenere informazioni fondamentali per esaminare i livelli di criticità, aiuta a prendere decisioni corrette e riportare il progetto verso la giusta direzione.

Occorre quindi affrontare i rischi in un modo consapevole, essere proattivi e non reattivi, fare le cose in anticipo invece di aspettare e sperare che gli eventi avversi non avvengano; se ci attiviamo in tempo, possiamo attenuare gli effetti negativi dato che avremo il tempo di reagire.

L'analisi dei rischi deve essere affidata ad una specifica struttura sotto la responsabilità di un Project Risk Manager, che risponde al vertice aziendale ed è auspicabile che non sia dipendente dal Team di progetto. Tale precauzione ha l'intento di evitare possibili influenze da parte dei responsabili operativi poiché questi tendono ad evitare di essere esaminati nel proprio lavoro, perché può rendere evidenti problematiche e notizie che non sono ancora note al top Management, e che dovrebbero essere state comunicate.

Risk Management Process



Figura 1
Process Diagram

Risk Identification

È importante raccogliere e specificare le informazioni chiave del progetto quali requisiti, programma temporale, traguardi intermedi strategici, budget e conto economico, piano di procurement, etc., poiché ciò fornisce un riferimento indispensabile del contesto del progetto stesso.

L'identificazione dei rischi è la parte fondamentale del processo, si basa su una analisi sistematica delle fasi realizzative del progetto (i.e.: attività di preventivazione e progettazione, attività autorizzative, aggiudicazione contratti, approvvigionamento dei materiali e delle forniture, lavori in sito, sicurezza, prove e test dei sistemi funzionali, ...).

Al fine di supportare l'identificazione si può utilizzare una checklist contenente un elenco di possibili fattori di rischio a carattere generale attinente la tipologia del progetto, che riassume le principali casistiche di rischio. Sulla base di informazioni da fonti interne ed esterne alla struttura, conoscenze storiche accumulate da precedenti esperienze simili, da analisi teoriche, si creerà un elenco strutturato di rischi.

Il Risk Manager ha il compito di agevolare la disamina di minacce e opportunità insite nel progetto, deve individuare ed evidenziare le problematiche, gli impedimenti, i dubbi, le difficoltà, ricorrendo a tradizionali sessioni di brainstorming ed interviste, ad incontri diretti con gruppi individuati e selezionati, a colloqui con persone di esperienza e conoscenza del progetto allo specifico stadio/momento in cui viene eseguita l'analisi.

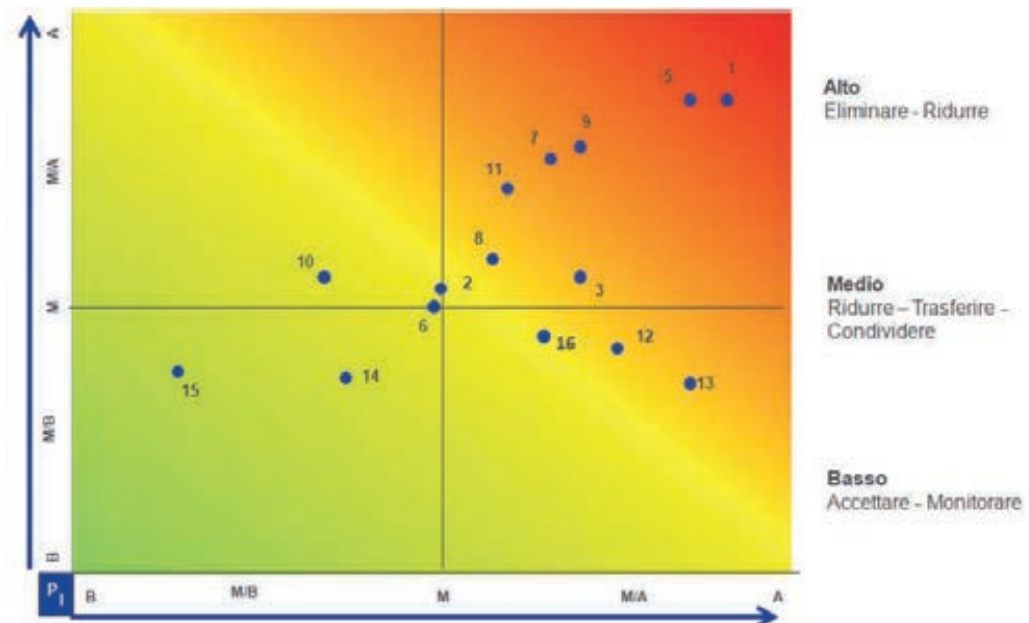
Si dovrà tendere a definire una Risk Breakdown Structure, un elenco dei rischi del progetto in esame strutturato per categorie a più livelli, specificando per ogni rischio il significato, il contenuto, la provenienza funzionale. Tale struttura non deve essere considerata esaustiva ma dinamica durante il corso di vita.

Esempio di breakdown di rischi di progetto (RBS - Risk Breakdown Structure):

- Strategici: rischio paese, instabilità politica, economico-finanziario, sociale, opposizioni comunità locali;
- Generali: fattori di mercato, autorizzazioni, permessi, regolamenti e leggi specifiche del luogo, disponibilità risorse locali, inflazione;
- Tecnici: requisiti, prestazioni, tecnologia;
- Ambientali: rischio sulla sicurezza, salute, condizioni meteo, dissesti idrogeologici ...;
- Commerciali: fallimento impresa o dei sub appaltatori, variazioni scopo del lavoro nel contratto con il cliente, claims e contenziosi, ...;
- Management: organizzativi, risorse personale, disponibilità manodopera specializzata; logistica complessa, produttività diversa da quella prevista; incomplete o errate stime delle quantità e dei costi; densità di attività in tempi e in spazi ristretti; disponibilità documenti di progetto, materiali in ritardo; significative modifiche di progetto e attività addizionali; difetti e rilavorazioni, interruzioni, incidenti, lavori con impianti in esercizio; ...

Quanto definito nella Risk Breakdown Structure fungerà da riferimento per le successive analisi qualitative e quantitative del rischio ed è

Figura 2
Risk Matrix



importante anche per la predisposizione di un documento, il Risk Register, necessario per la registrazione di ogni singolo rischio individuato e contenente via via il suo sviluppo nel tempo, lo status, i valori di probabilità e impatto, le responsabilità, le scadenze, le azioni operate e i relativi costi pre e post mitigazione, etc...

Risk Assessment (valutazione del rischio)

L'obiettivo dell'analisi qualitativa del rischio è quello di ottenere una visione globale delle priorità dei rischi; ciò è possibile con il supporto di una matrice di rischio (Risk Matrix) in cui sono collocati i rischi potenziali in base alla loro probabilità e alla valutazione dell'impatto.

Sono definiti un numero discreto di classi, tipicamente da 3 a 5 (low, medium, high) associando ad ogni classe un relativo punteggio in termini di extra-costi e/o di ritardo; l'esame del singolo rischio permetterà di assegnare ad esso uno score raggiunto e di poter essere quindi classificato nella matrice $P \times I$.

In Figura 2, i rischi più temibili, cioè quelli più dannosi, sono nel campo rosso della matrice e necessitano di intervento per diminuirne l'effetto negativo sul progetto, seguono come priorità quelli nel campo giallo, i rischi nella fascia verde non portano a particolari criticità per il progetto ma occorre comunque controllarli nel tempo.

Tuttavia, l'approccio qualitativo all'analisi del rischio non è in grado di fornire una misura di quanto sia rischioso un progetto; per il processo decisionale è richiesto un livello maggiore di definizione, occorre avere elementi dettagliati per interventi mirati e ciò può avvenire attraverso

l'analisi quantitativa del rischio.

Il processo chiave è quindi l'analisi quantitativa che esprime numericamente la rischiosità del progetto, fornisce come risultato le distribuzioni probabilistiche di specifiche variabili attinenti un progetto, e cioè tempi, costi, durate, margini di slittamento, criticità delle attività e dei rischi, nonché indicatori finanziari.

L'analisi è eseguita utilizzando le tecniche di simulazione Monte Carlo, metodo matematico che restituisce dati probabilistici ottenuti combinando gli effetti di variabili incerte, basati come input in specifiche curve probabilistiche.

Ogni "iterazione" del modello matematico è generata valutando casualmente un valore campione per ciascuna variabile incerta dalla sua distribuzione di probabilità, questa definita in modo appropriato considerando la caratteristica del rischio, ad es. triangolare, uniforme, normale, log-normale, beta, ecc.

Per ciascun rischio quindi sono richieste in input la tipologia di curva di distribuzione delle probabilità di accadimento e le stime dei possibili valori d'impatto, assoluti o in percentuale, calcolati sulla base di quanto analizzato nella fase d'identificazione; l'impatto rappresenta il costo da sostenere per riparare al danno economico/temporale arrecato al progetto o alle singole attività e lavorazioni, dal verificarsi dell'evento rischioso. A titolo semplificativo, possono essere definite con appropriate distribuzioni extra-costi e ritardi:

- sui montaggi, per il rischio che possa essere necessaria la ri-progettazione a causa di modifiche alle specifiche del cliente;

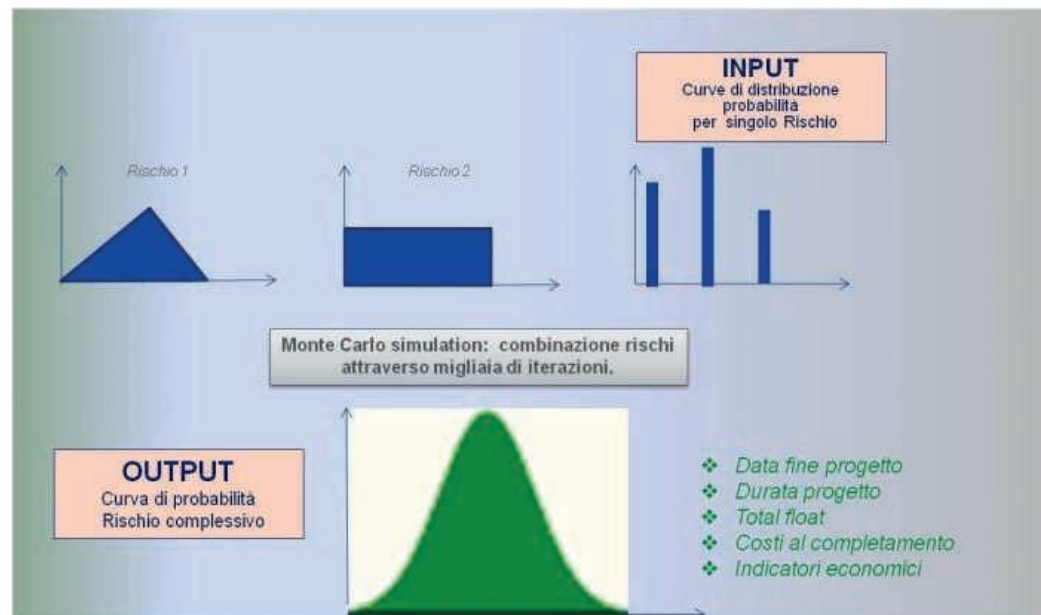


Figura 3
Monte Carlo Simulation

Figura 4
Histogram and
Cumulative Cost
Distribution



Figura 6 - Comparison Scenarios

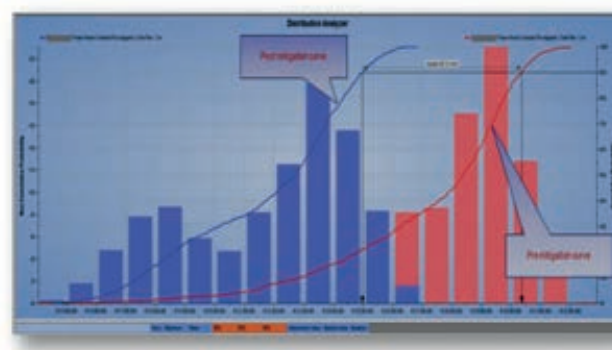


Figura 7 - Contingencies Allocation

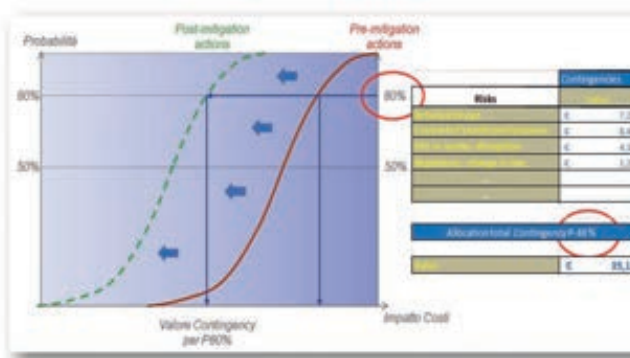
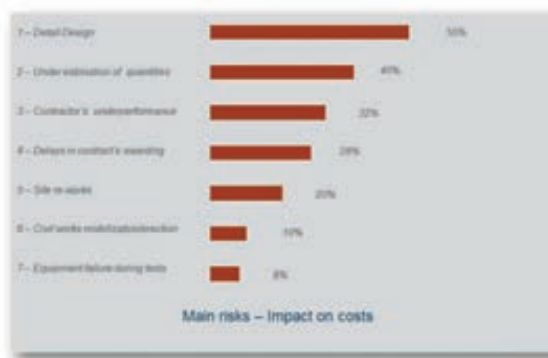


Figura 5
Sensitivity Diagram

- sulla messa in servizio, dovuto al rischio di avere apparecchiature danneggiate, difettose, test non superati;
- conseguenti costi di acquisto e di installazione aggiuntivi a causa di ulteriori quantità di materiale/attrezzature che richiedano più tempo per l'installazione;
- per il rischio di nuova normativa o modifica alle legislazioni vigenti, il cui impatto può essere quantificato come la stima di extra costo da sostenere sia per adeguare il progetto sia per realizzare nuove opere necessarie.

Il rischio connesso al ritardo temporale può portare a un impatto quantificabile di extra-costo da sostenere per il prolungarsi del periodo necessario alla realizzazione del progetto, con specifiche curve probabilistiche di: personale, struttura, attrezzature, conservazione di componenti e apparecchiature in magazzino o già montate, estensione delle garanzie e fidejussioni, ...

Nei programmi temporali un fattore di possibile criticità che contribuisce a determinare ritardi sulla fine del progetto o sulle date intermedie, e di conseguenza sui costi a finire, è la definizione e la valutazione della lunghezza delle durate

per le singole attività in essi stabilite.

Occorre, infatti, considerare che le attività nel programma hanno durate deterministiche e spesso si utilizza uno scenario di previsione che comporta una stima ottimistica, magari non disponendo di dati affidabili, sulle quantità di lavoro da fare, sulle produttività, sulle risorse disponibili a completare il lavoro specifico, e di conseguenza alcune durate indicate hanno di fatto insite delle incertezze nei loro valori.

È opportuno che queste incertezze siano valutate con un'analisi probabilistica, e cioè invece dell'unico valore deterministico incerto possono essere considerati, ad esempio, una terna di valori, curva triangolare, con un valore atteso (most likely), un valore più basso (minimum) e uno più alto (maximum), oppure un valore minimo e uno massimo, curva uniforme, il tutto sulla base di dati suffragati da assunzioni motivate. Come conseguenza, il risultato complessivo sul progetto potrebbe, di fatto, cambiare. L'esito dello scheduling su base probabilistica può condurre a modificare e perfino ridefinire un cardine fondamentale nella gestione del programma temporale, e cioè il cammino critico (Critical Path); può mettere in risalto attività critiche nuove



non attese, prima appartenenti invece a percorsi con margine di slittamento, determinando la necessità di modificare interventi già in essere o l'avvio di nuove azioni correttive non previste.

Risk Response

Il risultato dell'analisi quantitativa consente di conoscere il profilo di rischio complessivo del progetto, di determinare la distribuzione probabilistica attesa sui costi e sui tempi al verificarsi dei rischi di progetto e permetterà di individuare quindi il livello di contingency corrispondente al grado di copertura desiderato (livello di confidenza), al fine di mitigare gli effetti dei rischi stessi. Nell'esempio in Figura 4 è riportata la curva di distribuzione di probabilità dei costi, ottenuta eseguendo 1.000 iterazioni del modello; si può notare il valore deterministico confrontato con i vari percentili di probabilità. Per il grado di copertura, una scelta prudentiale della contingency può ricadere nell'intervallo tra il 75% e il 90%; i.e. con P90 si ha la probabilità del 90% di non sostenere extra-costi (quindi probabilità di sostenerli per il rimanente 10%) rispetto alla contingency accantonata.

L'analisi di sensitività, diagramma "tornado"

rappresentato in Figura 5, aiuta a determinare quali rischi o attività hanno il maggior impatto potenziale sul progetto e pertanto dove indirizzare gli sforzi di riduzione.

Sulla base delle risposte all'analisi quantitativa effettuata (Risk Response), è stabilita una strategia per il trattamento del rischio, tesa a identificare tutte quelle azioni possibili che consentono di limitare le conseguenze. Il piano delle azioni sul rischio comprende:

- **Evitare** (Avoid), apportando significative ed efficaci modifiche al progetto liberandosi delle attività da cui proviene;
- **Trasferire** (Transfer), ad altri o altre parti e ciò significa non la eliminazione ma l'assegnazione, la condivisione di responsabilità, di coperture economiche, di indennità;
- **Ridurre** (Reduce), la sua probabilità e/o l'impatto con azioni mirate che agiscono sui processi, sulle risorse, sulla programmazione;
- **Accettare** (Accept), in funzione di una tolleranza, senza azioni di mitigazione in quanto non pregiudica gli obiettivi.

La riduzione dei rischi si svolge attuando interventi sia sull'organizzazione interna (i.e.: au-

mento nel numero di risorse, skill e competenze adeguate, rinforzo in sito del team di supervisione lavori), sia influenzando sugli appaltatori (avviando piani di accelerazione con incentivi economici, aumento nel numero di mezzi e risorse, ricorso a turnazione dei lavori e straordinari), impiegando nuovi contrattori per aumentare la produttività lavorativa.

A supporto della ingegneria del team, l'attenuazione dei rischi individuati può essere affrontata attraverso l'outsourcing per la produzione di particolare documentazione di progetto, attribuendo incarichi a specialisti esterni con particolari competenze progettuali, coinvolgendoli e incentivandoli sugli obiettivi temporali e sulla qualità.

E' spesso indispensabile intervenire sul programma temporale, e cioè sulla logica, sui vincoli, sulle durate, sulle priorità, sulle attività critiche rispetto a quelle con margine.

Occorre conseguire tutti gli elementi necessari per prendere decisioni, utilizzando indicatori di performance (Earned Value Analysis), ed è rilevante pertanto il calcolo del progress del progetto ai fini della valutazione dei ritardi, dell'efficienza operativa, delle analisi di tendenza e delle previsioni a finire.

Per valutare l'efficacia del trattamento del rischio occorre confrontare la valutazione dell'esposizione al rischio sia prima che dopo il trattamento previsto, effettuando e confrontando diverse simulazioni, "scenari", a seguito delle azioni da eseguire.

Generalmente le azioni di mitigazione richiedono un dispendio di impegno e di costo, esse andranno attuate solo quando l'analisi evidenzierà un beneficio positivo calcolato come differenza tra i valori di probabilità di rischio attesi prima e dopo le azioni.

Il beneficio si può tradurre nel raggiungimento degli obiettivi temporali del progetto, o quantomeno in un minor ritardo, anche a fronte di un maggiore costo da sostenere per la mitigazione. Come si può vedere nella Figura 6, la curva di distribuzione cumulata di probabilità sui costi, calcolata considerando le combinazioni di tutti i rischi e delle incertezze individuate (pre-mitigation analysis), si sposta verso sinistra, in seguito all'applicazione delle azioni di mitigazione

(post-mitigation analysis) e, conseguentemente il valore finale diminuisce.

Viene infine associato il valore della contingency complessiva (Figura 7 schematica), nonché è definito e accantonato il singolo valore per ciascun rischio residuo.

Risk Monitoring and Control

Una corretta gestione del rischio richiede che il processo sia regolarmente monitorato per garantire che la valutazione sia aggiornata e che il piano delle azioni continui a essere tempestivo ed efficace; dovrà quindi essere seguita, rivista dalla struttura preposta (Risk Manager) utilizzando strumenti idonei per tale monitoraggio e controllo (Risk Register).

Il controllo può portare a richiedere il riesame di quanto avviato, delle priorità dei rischi e a identificare nuovi eventi emergenti.

Una comunicazione e una consultazione ordinata e continua con la struttura e le persone interessate dalle operazioni porta a promuovere la conoscenza e la comprensione del rischio e i mezzi per rispondere a esso, a ottenere feedback e informazioni a supporto del processo decisionale, ad aiutare quindi le organizzazioni a garantirne e migliorarne la qualità e l'efficacia.

Conclusioni

La Risk Analysis è un metodo potente per analizzare l'effetto complessivo del rischio sui risultati del progetto, aiuta i responsabili delle decisioni a effettuare scelte consapevoli, ma richiede forte sponsorizzazione del top management, coinvolgimento e impegno delle persone, applicazione determinata del procedimento, strumenti specialistici adeguati, competenze ed esperienze di alto profilo, solo così potrà essere utile al progetto.

La Risk Analysis può diventare un fattore critico di successo e dare un vantaggio competitivo, in grado di far fronte alla protezione delle attività aziendali e aiutare a raggiungere gli obiettivi pianificati dei progetti.

Sono oggi disponibili sul mercato diversi software in grado di coprire l'intero processo dell'analisi rischi che utilizzano il modello di simulazione Monte Carlo (Oracle Risk Analysis, Crystal Ball, Deltek Acumen, Palisade...).



Figura 8
"What is necessary"

Bibliografia

- Project Management Institute. A Guide to the *Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*
- Norma UNI ISO 31000: Gestione del Rischio - Principi e linee guida
- Fonte grafici e schemi: elaborazione personale.





LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE E IL PIANO GOVERNATIVO IMPRESA 4.0

Opportunità e Complessità nell'Iper Ammortamento

Con il presente articolo si vogliono introdurre i concetti fondamentali della Quarta Rivoluzione Industriale e gli strumenti messi a disposizione dal Governo con il Piano Nazionale Impresa 4.0 per aiutare le Imprese italiane a prendere parte a questo epocale cambiamento e sfruttarne appieno i benefici, con particolare focus sulla misura dell'iper ammortamento. Dopo una rapida descrizione dei requisiti necessari all'ottenimento del beneficio, vengono introdotti due esempi pratici pervenuti allo Sportello 4.0 che permettono di evidenziare le grandi potenzialità applicative della misura ma, al contempo, la complessità interpretativa e descrittiva richiesta all'ingegnere nella sua applicazione.

a cura di

Ing. G. Mancuso

Ing. C. Carletti

Commissione

Building Automation e
Processi Industriali

visto da

Ing. S. A. Sciuto

La quarta rivoluzione industriale

Con il termine Quarta Rivoluzione Industriale o Smart Manufacturing si intende il processo di radicale innovazione nella produzione dei beni attuato attraverso l'impiego di tecnologie di diversa estrazione, cioè non prettamente industriali, e che investe tutti gli attori della Catena del Valore, a partire dal produttore del bene fino al suo acquirente.

I tradizionali fattori cardine nel guadagnare e

mantenere la competitività d'impresa, quali produrre di più e a minor costo, ovvero aumentare la velocità di produzione e ridurre gli sprechi, oggi non sono più sufficienti.

In un mercato client-driven, globale e iper-competitivo come quello attuale, l'esigenza è avere prodotti di elevata qualità e forte personalizzazione, ottenuti mediante processi che siano sostenibili ed energeticamente efficienti.

La catena del valore o Value Chain è un modello ideale con cui viene schematizzata la produ-





zione di un bene, ed è costituita da cinque fasi consecutive (Figura 1):

1. la progettazione del bene;
2. la progettazione del processo di produzione;
3. la realizzazione delle linee e/o macchinari di produzione;
4. la messa in servizio dei macchinari;
5. la manutenzione dei macchinari.

Nelle passate rivoluzioni industriali, il progresso è stato conseguente all'introduzione di una ben precisa tecnologia: la macchina a vapore nella

Prima che ha permesso la meccanizzazione di molti lavori, l'elettricità elettrica nella Seconda che ha reso possibile la realizzazione di linee di produzione di massa, l'elettronica nella Terza e la conseguente automazione di molte fasi produttive.

A livello generale, tutte le precedenti rivoluzioni hanno portato ad un aumento di efficienza per singolo passo della catena del valore, attraverso una riduzione dei tempi di produzione e degli sprechi di materiali.

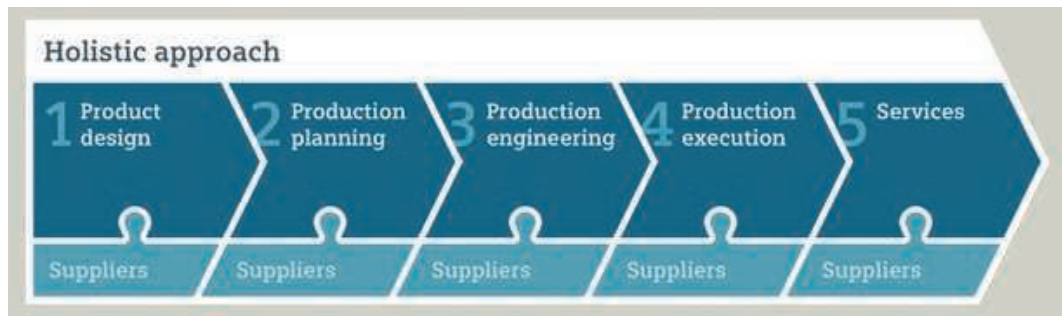


Figura 1

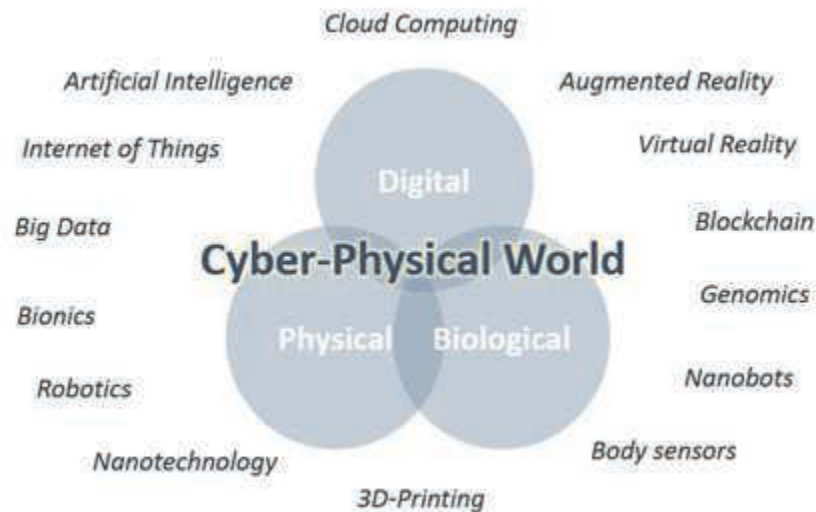


Figura 2

Anche la Quarta Rivoluzione Industriale ha come scopo l'ottimizzazione delle componenti della catena del valore, ma, a differenza della altre, questa rivoluzione porta l'ottimizzazione a un piano superiore, creando una forte interconnessione tra le procedure, rendendole digitalmente interdipendenti e cooperanti.

Le tecnologie digitali abilitanti tale processo di innovazione sono molteplici e comprendono: la simulazione dei processi, il cloud computing, l'interconnessione tra macchinari, l'internet delle cose industriali (IIOT), la sicurezza informatica, la manifattura additiva, i Big Data e il Data Analytics, l'Edge Computing, la realtà aumentata e i robot collaborativi. (Figura 2)

Ciascuna tecnologia porta degli innegabili vantaggi all'organizzazione dei processi, ma la vera potenza innovativa sta nella loro integrazione. Ad esempio, la simulazione può essere utilizzata per poter analizzare e testare realisticamente (cioè con caratteristiche molto vicine a quelle reali) ma virtualmente (cioè rimanendo nel mondo software) un bene anche complesso permettendo un riscontro forte delle sue caratteristiche

funzionali e prestazionali, senza dover attendere i lunghi tempi di produzione e dover sostenere i grossi costi di realizzazione del prototipo. Oltre a questo, integrando i digital twin di vari macchinari o processi è possibile simulare tutto il processo produttivo, con un grande vantaggio in termini di pianificazione e organizzazione del lavoro. E integrando strumenti di intelligenza artificiale e meccanismi di Machine Learning, Big Data e IIOT si introduce la possibilità di prevenire e prevedere eventi futuri, ovvero simulare e valutare scelte diverse per configurare velocemente il presente al fine di ottenere il futuro desiderato. Altro esempio di utilizzo delle tecnologie digitali nella produzione è legato alle macchine intelligenti, ossia quel tipo di macchine che riescono ad adattare il loro modo di lavorare in funzione del semilavorato su cui dovranno eseguire la loro prestazione. Tale funzionamento porta ad avere macchine che producono in serie grandi quantità di oggetti e contestualmente forniscono la possibilità di personalizzare il prodotto senza dover cambiare la struttura del macchinario stesso.



Figura 3

Piano Nazionale Impresa 4.0 e l'iper ammortamento

Il Piano Governativo Impresa 4.0 è un insieme di misure fiscali organiche e complementari finalizzate a favorire l'ingresso delle Imprese Italiane nella Quarta Rivoluzione Industriale, incentivando gli investimenti in tecnologie digitali per l'innovazione e la competitività.

Con il Piano Impresa 4.0 il Governo ha voluto cambiare paradigma disegnando delle misure che ogni azienda può attivare in modo automatico senza ricorrere a bandi o sportelli, soprattutto senza vincoli dimensionali, settoriali e territoriali. L'iper ammortamento è uno dei benefici compresi nel Piano. Introdotto dalla legge 11 Dicembre 2016 n.232 e in seguito prorogato fino a tutto il 2019, l'iper ammortamento mira a supportare e incentivare le imprese che investono in beni strumentali nuovi, funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale dei processi produttivi.

Esso si realizza attraverso una supervalutazione, fino al 270% degli investimenti in beni materiali nuovi, dispositivi e tecnologie abilitanti la trasformazione in chiave 4.0, acquistati o in leasing.

Affinché un bene sia ammissibile al beneficio dell'iper ammortamento, è necessario che questo soddisfi precisi requisiti funzionali e tecnologici, e che sia interconnesso al sistema gestionale aziendale.

Tra i requisiti funzionali, si richiede che il bene sia strumentale all'attività specifica dell'impresa e che rientri in uno dei gruppi di beni materiali o immateriali definiti nell'Allegato A (per i beni materiali) o nell'Allegato B (per i beni immateriali) della Legge di Bilancio 2017.

Per quanto riguarda i beni materiali, l'Allegato A definisce tre Gruppi:

I GRUPPO: BENI STRUMENTALI IL CUI FUNZIONAMENTO È CONTROLLATO DA SISTEMI COMPUTERIZZATI E/O GESTITO TRAMITE OPPORTUNI SENSORI E AZIONAMENTI; include 12 tipologie di macchine/impianti;

II GRUPPO: SISTEMI PER L'ASSICURAZIONE DELLA QUALITÀ E DELLA SOSTENIBILITÀ; include 9 categorie di sistemi;

III GRUPPO: DISPOSITIVI PER L'INTERAZIONE UOMO MACCHINA E PER IL MIGLIORAMENTO DELL'ERGONOMIA E DELLA SICUREZZA DEL POSTO DI LAVORO IN LOGICA 4.0; comprende 4 tipi di dispositivi/sistemi.

L'inclusione del bene in uno dei tre gruppi definisce i requisiti tecnologici da soddisfare per l'ottenimento del beneficio dell'iper ammortamento. In particolare, i beni che rientrano nel primo Gruppo dell'Allegato A devono soddisfare 5 Requisiti Obbligatori + almeno 2 dei 3 Requisiti Ulteriori.

➤ Cinque Requisiti Obbligatori (RO)

- RO1. controllo per mezzo di CNC e/o PLC;
- RO2. interconnessione ai sistemi informatici di fabbrica;
- RO3. integrazione con il sistema logistico della fabbrica e/o altre macchine;
- RO4. interfaccia uomo macchina semplice ed intuitiva;
- RO5. rispondenza ai più recenti standard in termini di sicurezza.

➤ **Almeno due su tre dei Requisiti Ulteriori (RU)**

RU1. sistemi di tele manutenzione e/o telediagnostici e/o controllo in remoto;

RU2. monitoraggio in continuo delle condizioni di lavoro e dei parametri di processo mediante opportuni set di sensori e adattività alle derive di processo;

RU3. caratteristiche di integrazione tra macchina fisica e/o impianto con la modellizzazione e/o la simulazione del proprio comportamento nello svolgimento del processo (sistema cyberfisico) (vedi nota 2 sotto).

Per i beni afferenti ai gruppi II e III, si richiede il soddisfacimento del requisito di **interconnessione**, ovvero:

1. la capacità del sistema/impianto/dispositivo di scambiare informazioni con sistemi interni (es sistema gestionale, sistemi di pianificazione, di progettazione e sviluppo prodotto, etc...) e/o esterni (es. clienti, fornitori, partner nella progettazione, altri siti produttivi, etc...) per mezzo di un collegamento basato su specifiche documentate, disponibili pubblicamente e internazionalmente riconosciute

(es. TCP/IP, http, MQTT, etc...);

2. sia identificato univocamente, al fine di riconoscere l'origine delle informazioni, mediante l'utilizzo di standard di indirizzamento internazionalmente riconosciuti (es. indirizzo IP).

Per poter fruire dei benefici dell'iper ammortamento è necessario attestare il soddisfacimento dei requisiti di legge con una dichiarazione resa dal Legale Rappresentante dell'azienda richiedente il beneficio ovvero, per i beni aventi ciascuno un costo di acquisizione superiore a 500.000 euro, una perizia tecnica giurata rilasciata da un ingegnere o da un perito industriale iscritti nei rispettivi albi professionali ovvero un attestato di conformità rilasciato da un ente di certificazione accreditato, attestanti che il bene possiede caratteristiche tecniche tali da includerlo negli elenchi di cui all'allegato A o all'allegato B ed è interconnesso al sistema aziendale di gestione della produzione o alla rete di fornitura.

Inoltre, è opportuno che la perizia/attestazione di conformità sia corredata di un'analisi tecnica. La verifica del soddisfacimento dei suddetti requisiti può rilevarsi piuttosto complessa, vista la specificità tecnica delle caratteristiche da analizzare e la pluralità di ambiti e, quindi, di com-



petenze richieste.

Al fine di supportare il professionista nell'adempimento di un siffatto compito, l'Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma ha aperto un servizio di consulenza gratuito per i propri iscritti: **Io Sportello 4.0**.

Di seguito si riportano alcune tematiche rivelatesi di particolare interesse nell'attività dello Sportello 4.0.

Approfondimento: Attività di Revamping

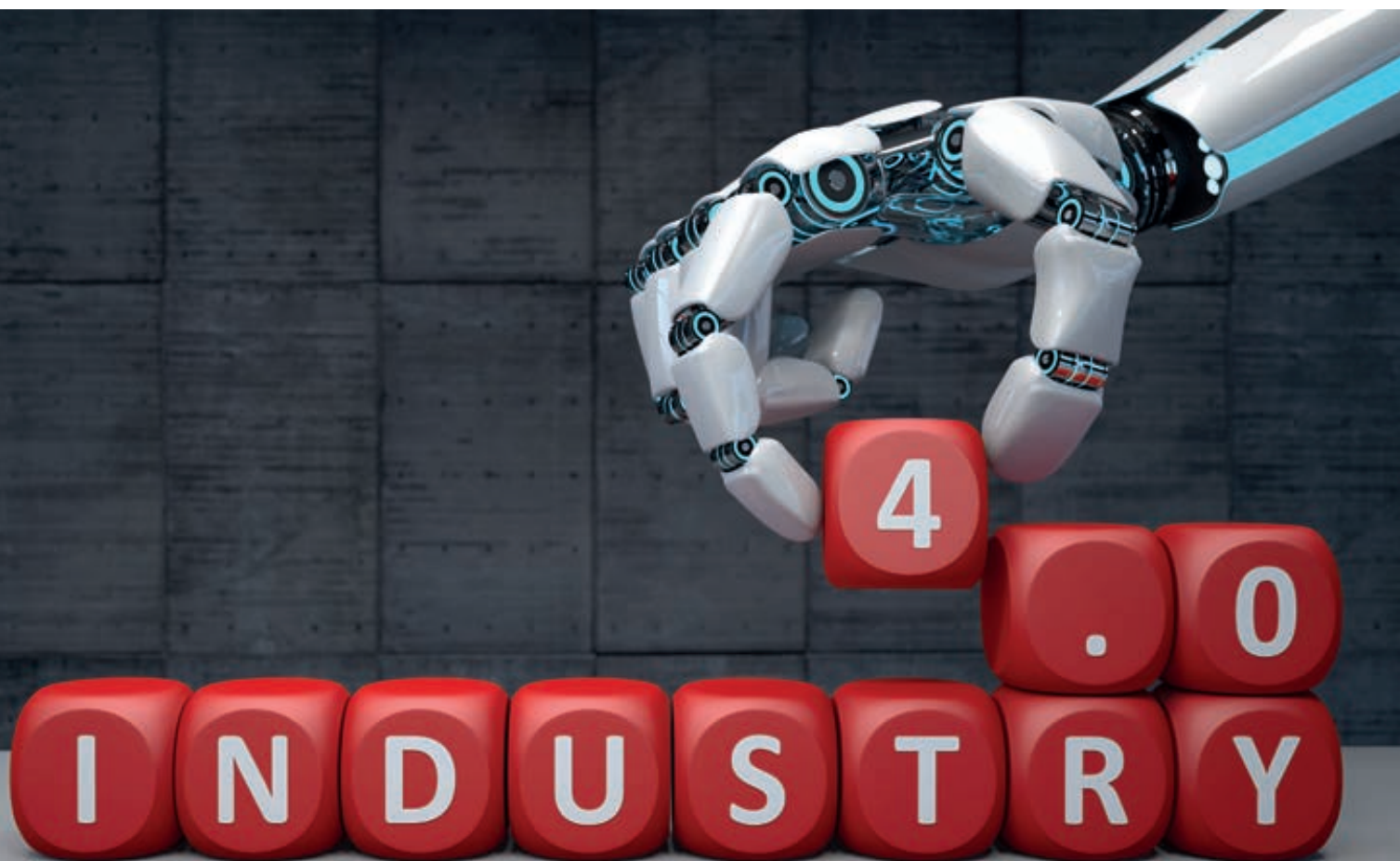
L'attività di Revamping è un tipo di attività che, come suggerisce il termine inglese, è volta al miglioramento funzionale di un bene strumentale. Tale procedimento può essere esplicitato in diverse maniere a seconda della natura del macchinario e delle tempistiche a disposizione. Nel caso di un macchinario semplice, ossia una macchina che svolge una singola lavorazione sul prodotto ed è governata da una singola unità di controllo, o se presenti più lavorazioni, esse vengono comunque svolte sempre da una singola unità di controllo, allora il Revamping si attua attraverso la sostituzione di una serie di componenti elettronici del macchinario al fine di ottenere un deciso miglioramento funzionale e/o prestazionale. Nel caso di un macchinario

complesso, ossia costituito da diversi moduli funzionali che svolgono diverse e indipendenti lavorazioni del processo di produzione, ognuno funzionale e governato da unità di controllo separata, il Revamping può comprendere la sostituzione completa di una singola unità funzionale, lasciando inalterate le altre.

A supporto dell'attività di Revamping è presente lo strumento dell'iper-ammortamento come specificato nella circolare N. 4/E del 30/03/2017 dell'agenzia delle entrate e Mise:

"L'allegato A include tra i beni funzionali alla trasformazione tecnologica e/o digitale delle imprese secondo il modello "Industria 4.0" anche i dispositivi, strumentazione e componentistica intelligente per l'integrazione, la sensorizzazione e/o l'interconnessione e il controllo automatico dei processi utilizzati anche nell'ammodernamento o nel revamping dei sistemi di produzione esistenti."

Come spiegato in tale circolare, gli investimenti per il Revamping è assoggettabile a iper-ammortamento solo se come risultato di tale modifica la macchina o l'impianto risultano in grado di rispettare le cinque caratteristiche obbligatorie e almeno due su tre dei requisiti ulteriori.



“Per dispositivi, strumentazione e componentistica, si intendono anche package e componenti di impianto purché assicurino che la macchina o l'impianto oggetto di ammodernamento rispettivo, grazie all'ammodernamento, le caratteristiche obbligatorie e le ulteriori caratteristiche (riportate di seguito). Inoltre, si specifica che, nel caso di revamping di un impianto consegnato prima del 2017, godono del beneficio fiscale i soli beni in oggetto (i Pag. 83 di 110 dispositivi, la strumentazione e la componentistica compresi package e componenti di impianto) e non l'intero impianto ammodernato.”

Un altro fattore da tener presente nell'attività di Revamping è il tempo a disposizione per svolgere tale attività, in quanto generalmente essa richiede il fermo del macchinario.

Proprio per questo motivo si può categorizzare ulteriormente l'attività di Revamping. La prima categoria è il Revamping Completo o Immediato del macchinario, che comporta, come dice la parola stessa, a uno svecchiamento completo di tutta l'elettronica o moduli funzionali in una sola attività. Mentre la seconda categoria è il Revamping Parziale o Graduale che consiste nell'ammodernare parti di elettronica o del macchinario in diverse attività di Revamping in tempi successivi.

Caso Pratico: Catena del Freddo

Si riporta qui di seguito una richiesta di approfondimento tecnico relativa ad un investimento in beni strumentali nuovi potenzialmente riconducibile alle fattispecie previste dalla disciplina sull'iperammortamento. Il caso d'uso rilevato fa riferimento concreto ad un'ipotesi di investimento afferente alla categoria della GDO (grande distribuzione organizzata).

Azienda richiedente

Azienda operante nella GDO, con Centri di Distribuzione (CeDi) e Punti Vendita (PV) dislocati su alcune province del nord Italia.

L'attività d'impresa consiste nella preparazione/lavorazione e vendita di beni alimentari, comprensivi di frutta e verdura, latticini e gastronomia, pesce e macelleria, nonché nella distribuzione dei prodotti, materie prime e lavorati dai CeDi ai propri PV, e, con un servizio di vendita online e consegna a domicilio, anche ai clienti che hanno acquistato dal web.

Composizione del Bene

Il bene oggetto di valutazione è un SISTEMA/IMPIANTO DI CONTROLLO DEL FREDDO ALIMENTARE da impiegare nei CeDi ovvero nei PV dell'Azienda richiedente.

Data la dimensione e la tipologia dell'investimento in esame, è stata ricostruita qui di seguito la struttura del sistema/impianto di controllo del freddo alimentare. Esso è composto da:

1) N.23 BANCHI FRIGO ESPOSITORI a Temperatura Positiva da 0° a +10°, per la conservazione ed esposizione ai fini della vendita di prodotti freschi, quali frutta e verdura, latticini, salumi, pesce preconfezionato (esempi in Figura 4, Figura 5 e Figura 6)

2) N.11 CELLE FRIGORIFERE a Temperatura Positiva da 0° a +10° per la conservazione delle materie prime da lavorare e dei prodotti finiti destinati alla vendita

3) N.4 UTENZE a Temperatura Negativa a -25° per la conservazione ed esposizione ai fini della vendita di prodotti surgelati (esempio in Figura 8)

4) N.1 CELLA SURGELATI a Temperatura Negativa -21° per la conservazione di prodotti surgelati destinati alla vendita

5) CENTRALE TRANSCRITICA CO2 a Temperatura Positiva e Negativa, ovvero centrali frigorifere modulari costituite da più compressori di varia potenza collegati fra loro e montati su un telaio, che alimentano tutte le utenze (banchi frigo e celle) a temperatura positiva e negativa (esempio in Figura 9)

6) SISTEMA DI SUPERVISIONE, costituito da un computer industriale web server per la supervisione, nell'ambito della refrigerazione commerciale, di medie e grandi superfici (fino a 300 utenze)

Il suddetto impianto è dotato di targa matricolare con tutti i dati identificativi e marcatura CE.

Requisito di STRUMENTALITA'

Nella FAQ del 12 luglio 2017 pubblicata del Ministero dello Sviluppo Economico si conferma come la ratio della agevolazione introdotta con Legge di Bilancio 2017 (L. 232 dell'11 dicembre 2016, art. 1 co.9-13) prevista per chi investe in beni strumentali nuovi materiali e immateriali in logica 4.0 (c.d misura dell'iperammortamento) vada intesa in senso ampio ossia come non limitata soggettivamente alle aziende operanti nel settore della manifattura. A questo riguardo, opportunamente, nella suddetta FAQ viene specificato che *“la parola fabbrica deve essere intesa come l'insieme di attività integrate nella catena del valore di uno o più soggetti, interni o esterni all'azienda, che trasformano delle risorse (input del processo) in un prodotto finito (output del processo). Tali attività sono inerenti ai processi aziendali, ovvero alle attività di acquisto, produzione e distribuzione associate a una o più famiglie di prodotto realizzate dalla fabbrica stessa.”* In virtù di ciò, il requisito di STRUMENTALITA' si può ritenere soddisfatto in quanto l'impianto, così come descritto nel paragrafo precedente, identificabile in maniera univoca dalla matricola riportata nella etichetta e dalla configurazione descritta nella Dichiarazione di Conformità CE, è funzionalmente preposto a permettere la conservazione dei prodotti e materie prime alle



Figura 4 - Banco frigo per Categoria merceologica +4°/+6°



Figura 5 - Banco frigo con temperatura di esercizio +2°/+4°



Figura 6 - Isola aperta con temperatura di esercizio 0°/+2°



Figura 7 - Banco frigo con letto di ghiaccio per pesce fresco (0°/2°)



Figura 8 - Espositore surgelati con temperatura di esercizio -22°/-25° o -18°/-21°



Figura 9 - Centrale transcritica CO2

dovute temperature. Tale funzione di conservazione contribuisce in maniera determinante al mantenimento della CATENA DEL FREDDO ALIMENTARE, il quale può qualificarsi a tutti gli effetti come elemento imprescindibile dell'attività caratteristica dell'Azienda in questione in quanto essenziale per preservare la qualità, l'igiene e la sicurezza degli alimenti stoccati, distribuiti, prodotti e venduti.

Inclusione nell'ALLEGATO A

IL SISTEMA/IMPIANTO DI CONTROLLO DEL FREDDO ALIMENTARE descritto al paragrafo "Composizione del Bene" potrebbe appartenere al

GRUPPO I: BENI STRUMENTALI IL CUI FUNZIONAMENTO E' CONTROLLATO DA SISTEMI COMPUTERIZZATI O GESTITO TRAMITE PPORTUNI SENSORI E AZIONAMENTI

VOCE N.3: Macchine e impianti per la realizzazione di prodotti mediante la trasformazione dei materiali e delle materie prime

dell'ALLEGATO A alla Legge di Bilancio 2017. A giustificazione di quanto appena asserito si espongono le seguenti considerazioni.

IMPIANTO

Con riferimento alla Circolare 4/E del 30 marzo 2017, "Per impianto o porzione di impianto si intende un insieme di macchine connesse fisicamente tra di loro anche se ogni macchina o attrezzatura funziona in maniera indipendente"

Il sistema in oggetto è un impianto in quanto caratterizzato da un insieme di macchine (banchi frigo, celle frigorifere, centrale frigorifera), ognuna dotata di alimentazione elettrica e funzionalità proprie, ma che concorrono all'espletamento di un'unica funzione che è il controllo del freddo. La centrale trascritta è la parte dell'impianto frigorifero centralizzato che è fisicamente connessa a tutte le utenze (banchi frigo e celle) e ne induce il raggiungimento ed il mantenimento della temperatura desiderata.

L'IMPIANTO è identificato in maniera univoca dalla sua matricola, chiaramente visibile nella



targhetta di certificazione PED (Certificazione necessaria per impianti a pressione)

TRASFORMAZIONE dei materiali e delle materie prime

Con riferimento alla FAQ del 12 luglio 2017 pubblicata del Ministero dello Sviluppo Economico, si riporta quanto segue

“Con il termine “trasformazione” si definisce un processo che modifica lo stato di materie prime, semilavorati e prodotti, eseguito lungo la catena del valore necessaria al fine di rendere disponibile e fruibile un prodotto.

[...] In funzione di come i fattori sopra menzionati si esplicitano e combinano, possono essere definite varie tipologie di trasformazione, di seguito riportate a titolo esemplificativo:

[...] chimico/fisiche, in grado di modificare a livello micro o macro la composizione o la struttura del materiale, o di preservare – mediante conservazione – alterazioni naturali che sarebbero altrimenti avvenute.”

IL SISTEMA DI CONTROLLO DEL FREDDO in

oggetto è deputato al mantenimento degli alimenti entro precisi valori di temperatura, specifici per le diverse categorie merceologiche in ottemperanza a quanto stabilito dalla normativa vigente in materia ("Pacchetto Igiene", HACCP, ...) al fine di preservarne, mediante conservazione, le alterazioni naturali che altrimenti si verificherebbero. Infatti shock termici e/o permanenza dei prodotti alimentari a temperature non consone, ne alterano le proprietà organolettiche compromettendo la qualità, l'igiene e la sicurezza per il consumatore, nonché l'attendibilità della data di scadenza definita dal produttore.

I cinque Requisiti Obbligatori

RO1) I banchi frigo e le celle sono dotate di un sistema di controllo a PLC che gestisce i dati di input provenienti dalle rispettive sonde per la misura di temperatura e umidità e dalla comunicazione di rete, e controlla i parametri di output per gli azionamenti, quali valvola elettronica, motore elettrico pompa di circolazione, etc.





RO2) Banchi frigo e celle sono connessi in rete attraverso MODBUS/RS485 con il supervisore locale dal quale possono ricevere istruzioni relative per la configurazione da remoto di una moltitudine di parametri operativi, quali ad esempio temperatura di lavoro e range di tollerabilità, temperatura e tempi per lo sbrinamento, etc...

RO3) L'integrazione automatizzata avviene a livello INFORMATIVO, in quanto banchi frigo e celle inviano al sistema di supervisione le condizioni operative (es., temperatura, stato spento/acceso, stato defrost, pressione valvole, etc...) in continuo, permettendo il controllo del mantenimento del freddo ovvero della qualità dei prodotti

RO4) Banchi frigo, celle e centrale frigorifera sono dotati di pannello operatore che permette, previo controllo credenziali di accesso, di monitorare e variare i parametri operativi della macchina

RO5) L'impianto è conforme alla Direttiva PED per impianti a pressione, ed è dotato di targhetta e dichiarazione di conformità

I due su tre Requisiti Ulteriori

RU1) Banchi frigo e celle sono in grado di implementare sistemi di telediagnosi, telemanutenzione e controllo remoto tramite web-access (controllato) alla rete aziendale. E' possibile raggiungere da remoto le singole utenze (banchi e celle) dell'impianto nonché i processori di controllo (il primario e il secondario di emergenza) della centrale transcritica.

RU2) Banchi frigo e celle inviano in continuo i propri dati di funzionamento al supervisore e sono in grado di gestire variazioni di temperatura (derive di processo) dovute, ad esempio, all'apertura degli sportelli dei banchi o delle porte delle celle, con regolazione automatica della temperatura d'esercizio.



Criticità nella definizione dell'ammissibilità al beneficio

L'analisi sopra riportata, finalizzata a giustificare l'ammissibilità del bene in questione all'iper ammortamento, ha dovuto affrontare diverse problematiche relative alla applicabilità di definizioni, concetti e funzioni contenute nella normativa ad un ambito diverso dal manifatturiero, a cui il legislatore si è chiaramente ispirato, ovvero quello delle GDO.

Tra le principali problematiche affrontate e risolte si riportano le seguenti:

1) Assunzione della funzione di Mantenimento della CATENA DEL FREDDO come strumentale all'attività esercitata dall'impresa, in virtù dell'interpretazione generale di *fabbrica* (FAQ 12 luglio 2017) e del ruolo imprescindibile che il mantenimento della catena del freddo riveste

nell'assicurazione della qualità, igiene e sicurezza dei prodotti alimentari lavorati e venduti dall'Azienda stessa appartenente al settore della GDO

2) Inclusione del bene IMPIANTO/SISTEMA DI CONTROLLO DEL FREDDO nel cluster I.3 dell'Allegato A, in ottemperanza alla interpretazione generalizzata di *trasformazione* che comprende anche la *conservazione al fine di preservare le alterazioni naturali dei prodotti*

3) Possibilità di inclusione nell'investimento ammissibile del bene IMPIANTO/SISTEMA DI CONTROLLO DEL FREDDO sopra riportato di tutti i suoi componenti (banchi frigo in numero e tipologia differenti, celle frigorifere, centrale trascritta e supervisore), con particolare riferimento agli elementi costitutivi delle celle frigorifere, quali pannelli di rivestimento di pareti e pavimenti, porte, scaffali.

Gli

approfondimenti



A vertical image on the left side of the page shows the silhouette of a person sitting and reading a large book. The background is a warm, orange and yellow sunset sky. The person is in the foreground, and the book is held open, showing some text. The overall mood is contemplative and intellectual.

LE VALUTAZIONI IN CONDIZIONI DI INCERTEZZA

a cura di
Ing. Giuseppe Ricci

Teoria fisico-matematica e
metodo pratico di
applicazione di questa
sezione dell'“Ingegneria
della conoscenza” ad uso
degli ingegneri

Sommario e conclusioni

Tutte le attività umane sono soggette a margini più o meno ampi di incertezza.

L'attività dell'ingegnere non fa eccezione a questa regola.

Lo sforzo del sistema scientifico è stato, nei secoli, mirato a ridurre l'area di incertezza nelle attività che comportavano rischi di qualsiasi genere essi fossero.

Tuttavia la riduzione a zero dei rischi è, per qualsiasi attività, impossibile da ottenere.

Questo dipende direttamente dal rapporto tra mondo esterno e mezzi umani per ottenerne la conoscenza. Infatti, il mondo esterno viene conosciuto mediante il sistema sensoriale che fornisce al cervello un'immagine della realtà che, per quanto accurata, resta sempre una immagine condizionata dal sistema di misura e rappresentazione utilizzato. Come noto anche i più precisi mezzi di misura hanno un campo di errore che non può essere abbattuto oltre certi limiti. Quindi dobbiamo riconoscere che, malgrado i progressi ottenuti dall'ingegneria e quelli che possono essere acquisiti in futuro, resta sempre un margine di errore in tutte le attività della nostra professione.

Tuttavia siamo in grado di padroneggiare l'incertezza mediante metodi applicativi dell'ingegneria della conoscenza che ci permettono di effettuare scelte adeguate agli scopi di qualsiasi attività, non solo nel campo dell'ingegneria, ma anche, ad esempio, della medicina, dell'economia o molto più banalmente nella scelta di una colf o di una segretaria che sono casi molto più complessi di valutazione di quanto si possa immaginare. Scopo dell'articolo è di fornire i mezzi per applicare questo metodo di valutazione in condizioni di incertezza riportando le regole basilari e sviluppando un esempio semplice anche se non riguarda direttamente l'ingegneria. Infatti un esempio di valutazione in condizioni di incertezza per un problema di ingegneria sarebbe troppo complesso per esporre le basi del metodo. Si è scelto quindi un caso in un'area dove non esistono complessità, ma sussistono sicuramente incertezze strutturali e avversione al rischio. Si tratta di una scelta di un unico decisore sulla concessione di un finanziamento bancario a medio termine ad una impresa.

Questo esempio permette di evidenziare in modo semplice tutti i passaggi necessari ad effettuare una scelta in condizioni di coerenza. Per coerenza indichiamo l'aderenza della scelta al modo di accettare il rischio da parte del decisore.

Il metodo ha alcune limitazioni: non si applica a più di un decisore, prevede la valutazione preliminare dell'avversione al rischio e la corrispondente curva di utilità del decisore e quindi non si può applicare ad un gruppo di decisori.

Questa è apparentemente una limitazione. Infatti, per la legge di Arrow, non si possono fare previsioni sulla scelta di un gruppo decisionale in quanto le curve decisionali dei vari membri sono differenti e quindi una decisione comporta la rinuncia di più persone alle personali valutazioni in modi a priori non prevedibili.

Per questo si deve curare la valutazione delle informazioni evitando di commettere errori nel modificare le probabilità in base a queste. È molto più importante modificare correttamente le probabilità con le informazioni piuttosto che ricorrere a consigli di amministrazione o assemblee condominiali per prendere delle decisioni. L'ingegneria della conoscenza è una scienza complessa nata nella prima metà del '900 e sviluppata in modo praticamente clandestino in quanto era confusa con teorie filosofiche di diverse origini che erano basate non sul metodo scientifico, ma su linee guida di origine aristotelica, neoplatonica o idealista.

Lo sviluppo di questa branca dell'ingegneria è dovuto ad un matematico inglese ed un ingegnere austriaco che troverete nella bibliografia. È importante citare, oltre a questi costruttori della teoria, anche il prof. Lindley della London University che recentemente ha sviluppato in forma organica tutta la metodologia per un utilizzo pratico. Uno dei capisaldi è la teoria delle probabilità nella formulazione soggettiva basata su una intuizione dell'ingegnere Ludwig Wittgenstein.

Il sistema di valutazione in condizioni di incertezza è un metodo matematico coerente che si dovrebbe applicare a qualsiasi decisione, ma quando si tratta di attività che possono condizionare la vita e il futuro di numerose persone come le attività di ingegneria, ne dovrebbe essere imposto l'uso anche perché permette di verificare, non solo la validità tecnica, ma anche la qualità del decisore ovvero la sua devianza da valori di normale avversione al rischio, da corretta valutazione o aggiornamento delle probabilità.

Esposizione del metodo Metodologia

La metodologia di applicazione, nel caso pratico di rischio con perdita o guadagno economico, si può sintetizzare con i seguenti step.

- 1) Valutazione di una lista di eventi incerti esclusivi ed esaustivi conseguenti alle decisioni;
- 2) Valutazione dell'utilità da associare ad ogni conseguenza di ogni evento incerto in base ad una curva di utilità del capitale in gioco per il decisore che dipende anche dal capitale complessivo di rischio;
- 3) Valutazione della probabilità da associare a ciascun evento partendo da una probabilità iniziale valutata coerentemente e modificata mediante la legge di Bayes in base alle informazioni ricevute;



4) Calcolo dell'utilità marginale per ogni decisione che può essere presa;

5) Scelta della decisione che massimizza la somma delle utilità marginali per ogni decisione possibile.

1) Lista di eventi esaustivi ed esclusivi

Si tratta di definire l'elenco delle possibili decisioni e per ciascuna di queste l'elenco delle possibili conseguenze. Ad esempio, se voglio scommettere su un cavallo alle corse posso o farlo o non farlo. Se non lo faccio non spendo la puntata, se lo faccio posso perdere la puntata o ricavare un importo corrispondente al rapporto di scommessa di quel cavallo. Quindi l'albero decisionale prevederà una decisione con due derivazioni la prima con una unica conseguenza, visto che sia che vinca sia che perda non ho scommesso su quel cavallo e resto proprietario della puntata; la seconda con due conseguenze la prima di perdere la puntata, l'altra di avere più denaro alla conclusione della scommessa.

2) Valutazione dell'utilità da associare ad ogni conseguenza di ogni evento

Come vedremo dalla curva di utilità personale possiamo attribuire ad ogni evento la nostra utilità del denaro in tutte e tre le situazioni.

3) Valutazione della probabilità da associare a ciascun evento.

Nel caso di non scommessa la probabilità dell'evento di vincita o perdita è sostanzialmente indifferente.

Nel caso di scommessa possiamo attribuire ad ogni caso la relativa probabilità, ad esempio

utilizzando la ragione di scommessa del broker. Ovvero se un cavallo è dato 7 a 1 la possibilità di vincita è del 12,5% e la probabilità di perdita dell'87,5%.

4) Il calcolo dell'utilità marginale consiste nel sommare, per ogni decisione (ovvero scommettere o non scommettere) il prodotto di utilità per probabilità nei vari casi in cui si dispiegano gli effetti della decisione.

5) La soluzione coerente consiste nell'effettuare la decisione a cui corrisponde il massimo dell'utilità marginale. Nel caso indicato il massimo dell'utilità marginale comporta lo scommettere o il non scommettere.

Definiti i passaggi passiamo a spiegare come si effettuano i calcoli. Elemento di novità di questa trattazione è il metodo di aggiornamento delle probabilità in funzione delle informazioni.

Spesso si pone anche il problema se sia utile chiedere un'informazione, considerando che queste in genere hanno un costo, o soprassedere. Ovviamente anche per questa decisione si applicherà lo stesso modello di calcolo.

Per convenzione in un albero decisionale i vari rami su cui si riportano probabilità ed utilità rappresentano gli effetti delle decisioni mentre si rappresentano con dei quadrati le decisioni prese e con dei cerchi le conseguenze di ogni singola scelta. In questo modo il numero di rami uscenti dal quadrato sarà pari al numero di righe della tabella con cui calcoliamo l'utilità marginale mentre le colonne saranno rappresentate dalle conseguenze delle scelte.

Utilità

L'utilità di un capitale o di un valore non monetario si definisce come la probabilità "u" di ottenere la conseguenza migliore C. Quindi si misura nello stesso modo delle probabilità e segue le stesse leggi.

Nel caso di valori non monetari la curva di utilità deve essere costruita caso per caso sul decisore che avrà, in generale, punti di vista personali in merito.

Ad esempio, nel caso di una scelta medica, il punto di vista del medico e quello del paziente in termini di utilità possono divergere notevolmente in quanto il valore del risultato per i due decisori potrebbe essere drammaticamente diverso.

Nel caso di risultati riferibili ad un valore monetario abbiamo una semplificazione notevole perché si tratta di valutare l'aderenza del decisore a tipologie standardizzate di avversione al rischio. Esistono tre classi di avversione al rischio:

- 1) L'avversione al rischio costante,
- 2) L'avversione al rischio decrescente,
- 3) Curva di utilità convessa.

Nel primo caso il valore del premio del gioco non cambia al cambiare del capitale disponibile.

Nel secondo caso il premio del gioco diminuisce al crescere del capitale disponibile.

Il terzo tipo riguarda l'avversione al rischio tipico del giocatore per il quale conta di più giocare che il risultato del gioco. In sostanza è una tipologia patologica che non potrebbe essere applicata a scelte di ingegneria.

Riportiamo di seguito le funzioni relative alla seconda delle classi di avversione al rischio.

L'avversione al rischio monetario più o meno elevata è rappresentata dalla curvatura delle funzioni di utilità. Una concavità verso il basso significa avversione al rischio, mentre la concavità verso l'alto rappresenta un giocatore orientato al rischio.

La funzione di avversione al rischio decrescente più comune è data da:

$$u = 1 - 0,5 e^{-x/200} - 0,5 e^{-x/20}$$

Questa legge si applica considerando che il valore 0,5 è il capitale totale di cui si dispone. Pertanto, la variabile x è ottenuta rapportando il valore monetario in gioco al capitale disponibile.



Probabilità

Una precisazione: il metodo di calcolo della probabilità segue il sistema coerente di Ramsey-Lindley e non i principi informatori del trattato sulla probabilità di Keynes in quanto quest'ultimo sistema presenta incoerenze che lo rendono vulnerabile dal punto di vista applicativo.

Come l'utilità, la probabilità è una grandezza soggettiva anche se deve rispettare alcune regole che ne condizionano l'ordine di grandezza del valore. Infatti, si tratta di un processo induttivo e pertanto è un processo che assume la più semplice legge che può essere stabilita in armonia con la nostra esperienza. Questo processo, tuttavia, non ha alcun fondamento logico, ma solo psicologico. È chiaro che non ci sono motivi per ritenere che il più semplice corso degli eventi avverrà realmente (L. Wittgenstein).

L'induzione è ragionevole in quanto produce previsioni che sono in generale verificate, non a causa di qualsiasi previsione logica, che è generalmente verificata, né a causa di ogni relazione logica tra le sue premesse e conclusioni. In questa prospettiva possiamo stabilire per in-

duzione che l'induzione è razionale, ed essendo l'induzione ragionevole questo sarebbe un argomento di buon senso (F. P. Ramsey).

La probabilità rappresenta quindi la misura numerica dell'incertezza e può essere espressa o in percentuale (rapporto tra casi favorevoli e casi totali) o come ragione di scommessa ovvero numero di casi a favorevoli in rapporto al numero di casi contrari.

Queste definizioni rendono chiaro il motivo per cui la probabilità sia una grandezza completamente diversa da quella statistica anche se in alcuni casi i relativi valori potrebbero coincidere. Ad esempio, secondo la statistica la probabilità che esca una palla bianca da un vaso che contiene palle bianche e nere, nel caso di re imbussolamento, non varia in funzione del colore delle palle estratte in precedenza.

Nel caso della probabilità il decisore può attribuire una maggiore probabilità all'uscita del nero dopo un consistente numero di palle bianche senza per questo commettere un errore di coerenza.

Per quanto sia una grandezza soggettiva, la



probabilità, poiché dipende dal soggetto che la valuta e dalle informazioni che possiede, è soggetta a regole precise e tra loro coerenti:

1) **Principio di coerenza**

Dati tre o più eventi E_1, E_2, E_3 se $p(E_1) > p(E_2)$, $p(E_2) > p(E_3) \Rightarrow p(E_1) > p(E_3)$.

Se si ponesse, ad esempio nel caso di un gioco di azzardo, che $p(E_1) < p(E_3)$ si otterrebbe una perdita certa.

2) **Legge di convessità**

La probabilità di un evento data una certa informazione è compresa tra 0 e 1 (ovvero tra 0% e 100% di verificarsi).

3) **Legge di addizione**

Presi due eventi esclusivi con le probabilità $p(E_1 | H)$ e $p(E_2 | H)$ la probabilità di verificarsi dell'uno o dell'altro evento è pari alla somma delle singole probabilità.

In formule:

$$p((E_1 | H) \text{ oppure } p(E_2 | H)) = p(E_1 | H) + p(E_2 | H)$$

4) **Legge di moltiplicazione**

Dati due eventi non esclusivi E_1 ed E_2 la probabilità che si verifichino entrambi contemporaneamente, data l'informazione H , è pari al prodotto delle probabilità dell'evento E_1 dato H per la probabilità di E_2 dati E_1 e H .

$$p((E_1 | H) \text{ e } p(E_2 | H)) = p(E_1 | H) * p(E_2 | E_1 \text{ e } H).$$

La legge si può estendere ad un numero qualsiasi di eventi.

5) **Teorema dell'estensione della conversazione**

Dati due eventi esclusivi (li chiamiamo E e $-E$ ovvero non E) data l'informazione H e sia A un evento qualsiasi, la probabilità di A si può esprimere (trascuriamo il riferimento ad H in quanto stiamo trattando una situazione in cui H è un dato comune a tutti i termini in gioco) come:

$$p(A) = p(A | E) * p(E) + p(A | -E) * p(-E)$$

La formula si può estendere ad un numero n di eventi inserendo anziché E e $-E$: $E_1, E_2, \dots, E_n$

6) **Teorema di Bayes**

Dati due eventi E ed F , se $p(E)$ non è zero la probabilità di F dato E è:

$$p(F|E) = p(E|F) * p(F) / p(E)$$

In termini di ragione di scommessa il teorema si può così esprimere:

sia $R(F|E)$ il rapporto tra la probabilità di un evento e della sua negazione:

$$R(F | E) = p(F | E) / p(-F | E).$$

Il teorema di Bayes diventa:

$$R(F | E) = R(F) * P(E | F) / P(E | -F)$$

7) **Legge di indipendenza degli eventi**

Due eventi E ed E_1 sono indipendenti se si veri-



fica contemporaneamente:

$$P(E | E_1) = P(E | -E_1) = p(E)$$

e

$$P(E_1 | E) = P(E_1 | -E) = p(E_1)$$

In forma analoga si esprime per tre o più eventi. Se non si può accertare l'indipendenza in modo deduttivo è meglio considerare gli eventi dipendenti per evitare gravi errori di valutazione.



Definizione di verosimiglianza:

Mentre la probabilità è il rapporto tra casi favorevoli e casi totali per definire la verosimiglianza occorre scrivere il teorema di Bayes dalla forma generica:

$$p(F | E) = p(E | F) * p(F) / p(E)$$

nella forma che riguarda il sistema decisionale in cui si ha un evento θ_j ed una informazione X:

$$p(\theta_j | X) = p(X | \theta_j) * p(\theta_j) / p(X)$$

ovvero la probabilità dell'evento θ_j in presenza dell'informazione X, o probabilità finale dell'evento θ_j rispetto all'informazione X, è dato dalla probabilità iniziale dell'evento θ_j moltiplicato per il rapporto tra la verosimiglianza di X dato θ_j e la probabilità di X.

Ovvero la probabilità di un evento, data l'informazione X è proporzionale alla verosimiglianza



dell'informazione X (in relazione all'evento θ_i) moltiplicata per la probabilità iniziale dell'evento. È improprio definire probabilità il valore di verosimiglianza che attribuiamo all'informazione X . In forma di ragione di scommessa con due soli eventi:

$$R(\theta_1 | X) = R(\theta_1) (p(X | \theta_1) / p(X | \theta_2)), \text{ con } \theta_2 = -\theta_1$$

Conseguenze di una decisione:

Per effetto di una decisione di si ottiene un evento incerto θ_1 quindi da questi una conseguenza C_{ij} .

Il valore delle conseguenze di una azione ed un evento incerto è rappresentato dall'utilità della conseguenza C_{ij} . *L'utilità $u(C_{ij})$ si misura nello stesso modo delle probabilità e segue le stesse leggi in quanto si definisce come la probabilità u di ottenere la conseguenza migliore C .*

È importante conoscere, per ogni possibile scommessa, il cosiddetto punto di equilibrio nella scelta se scommettere o non scommettere: Si tratta del valore sotto il quale non si è portati a scommettere; consideriamo il caso di importi piccoli ed utilità praticamente lineare:

Sia p la probabilità della vincita in un evento e u_p l'utilità in caso di perdita e u_v in caso di vincita.

Si ha il punto di equilibrio quando $-u_p(1-p) + u_v p = 0$

Quindi la probabilità che rende la scommessa neutra è:

$$p = u_p / u_p + u_v$$

Se $u_p = 20$ e $u_v = 10$ la probabilità di equilibrio è quindi $2/3$.

Non deve essere trascurata la legge di Cromwell: quando dall'informazione H non segue per via logica l'evento E o la sua negazione la probabilità dell'evento E in presenza dell'informazione H è minore di 1:

$p(E | H) < 1$ a meno che H implichi logicamente E e quindi assume il valore 1

$p(E | H) > 0$ a meno che H implichi logicamente la negazione di E e quindi assume il valore 0.

A questo punto possiamo procedere con il calcolo delle utilità marginali per i vari eventi e le varie decisioni e determinare il massimo dell'utilità marginale fra le varie decisioni.

La risposta agli eventi incerti dipende dal carattere del decisore per il quale si può fissare, per ogni tipo di decisione una curva di risposta all'informazione.

Esempio di applicazione

A questo punto, per rendere facile l'uso del sistema, procederemo con un esempio ricorrendo ad una scelta in un ambito dove le decisioni

non sono complesse, ovvero in un ambito di decisioni bancarie.

Il sistema decisionale è semplice, ma presenta un elemento che deve essere valutato con molta attenzione ovvero la sovrabbondanza di informazioni per le quali è molto difficile dare regole di dipendenza o indipendenza tra di loro.

Abbiamo visto al punto 7 la legge che stabilisce quando esiste indipendenza tra eventi.

L'applicazione del teorema di Bayes su ogni singola informazione porterebbe a gravi errori di valutazione, inoltre alcune informazioni danno, in alcuni casi, indicazioni molto forti sull'esito, altre che sono solo di supporto.

Siccome questo rappresenta spessissimo la situazione in cui ci si trova per fare delle scelte illustrerò un metodo utile per ridurre sistematicamente le informazioni da usare con il metodo di Bayes ad *una unica informazione*.

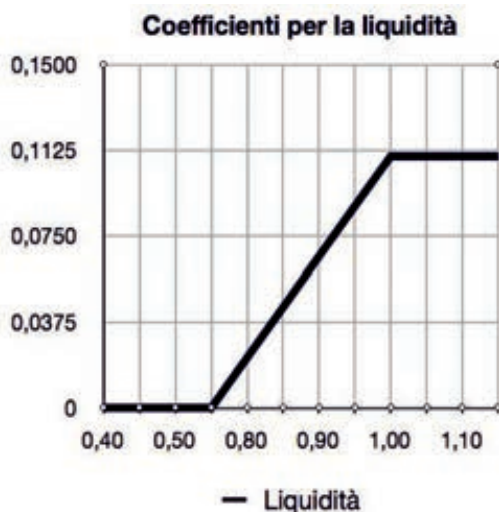
Il suddetto teorema deve essere applicato ad ogni possibile esito delle decisioni definendo la probabilità iniziale e correggendola in base alle informazioni ottenute e che determinano i fattori di verosimiglianza. Per valutare la probabilità di esito positivo del finanziamento occorre determinare i parametri di verosimiglianza per l'affidabilità dell'investimento e del richiedente. I parametri di verosimiglianza che abbiamo usati sono i seguenti:

- a.) Liquidità secca,
- b.) Equilibrio,
- c.) Patrimonializzazione,
- d.) Variazione del capitale circolante netto,
- e.) Autofinanziamento su fatturato,
- f.) Centrale rischi Bankitalia,
- g.) Affidabilità dei soci,
- h.) Mercato (valutazione basata su tipo di mercato e posizionamento dell'impresa nel mercato),
- i.) Altro (valutazione dell'investimento o altre informazioni diverse dalle precedenti come ad esempio Tir e Van di un nuovo investimento, ecc.).

Questo metodo, nel caso si utilizzi per errore due volte la stessa informazione ha il vantaggio di incrementare solo il peso che il decisore dà a quella informazione, ma non ne distorce il giudizio. Per iniziare occorre fare una riclassifica dei bilanci aziendali e calcolare i parametri da a) ad e)

Non mi dilungo sui particolari del significato e sui metodi per calcolare questi parametri in quanto sono valori che si possono trovare su qualsiasi trattato di ragioneria ed esulano dagli scopi di questo articolo.

Riportiamo di seguito i diagrammi e le formule per il calcolo dei singoli parametri solo per completezza.

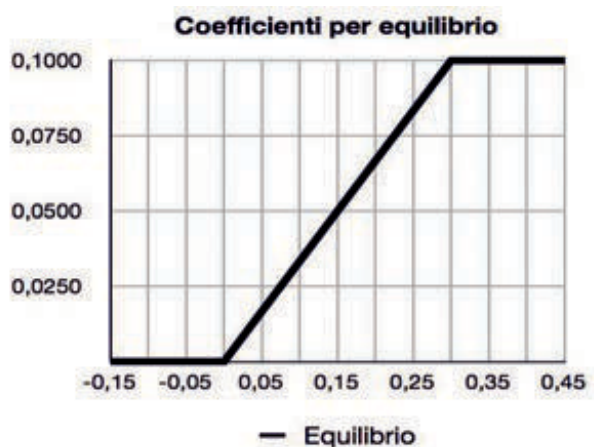


$x = \text{liquidità secca}, y = \text{parametro per il calcolo}$

$$x \leq 0,75 \quad y = 0,00$$

$$0,75 \leq x \leq 1 \quad y = 0,44x - 0,33$$

$$x \geq 1 \quad y = 0,11$$

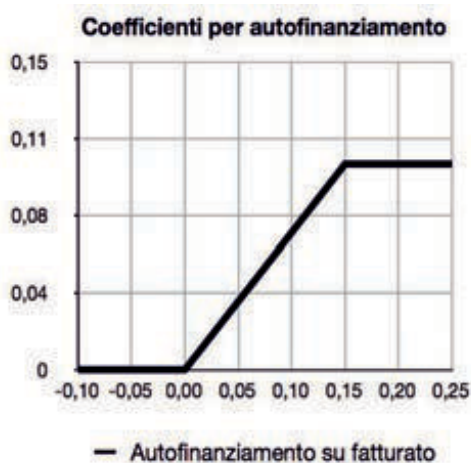


$x = \text{coefficiente di equilibrio}$

$$x \leq 0,0 \quad y = 0,00$$

$$0 \leq x \leq 0,3 \quad y = 0,333x$$

$$x \geq 0,3 \quad y = 0,10$$



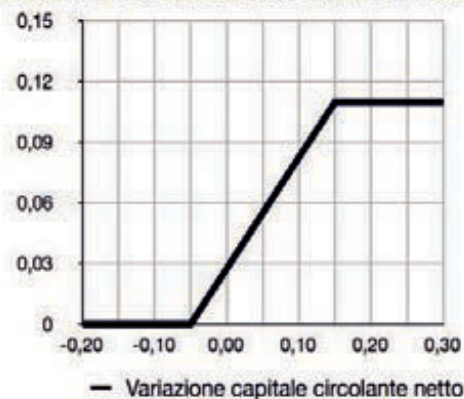
$x = \text{coefficiente di autofinanziamento}$

$$x \leq 0 \quad y = 0,00$$

$$0 \leq x \leq 0,15 \quad y = 0,66x$$

$$x \geq 0,15 \quad y = 0,10$$

Coefficienti per la variazione di capitale circolante netto



$x = \text{coefficiente per il capitale circolante netto}$

$$x \leq -5\% \quad y = 0,00$$

$$5\% \leq x \leq 15\% \quad y = 0,55x + 0,0275$$

$$x \geq 15\% \quad y = 0,11$$

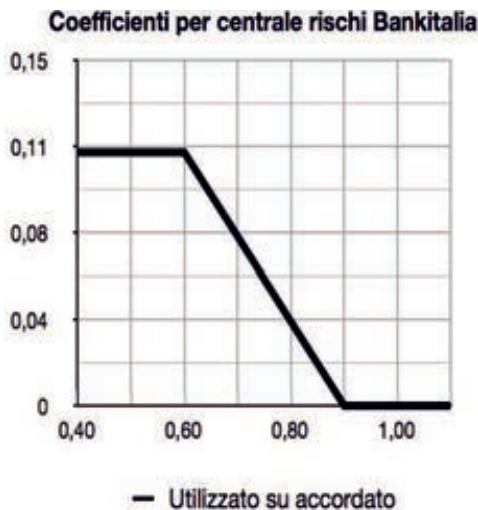


$x = \text{coefficiente di patrimonializzazione}$

$$x \leq -0,9 \quad y = 0,00$$

$$-0,9 \leq x \leq -0,1 \quad y = 0,10x + 0,09$$

$$x \geq -0,1 \quad y = 0,09$$



$x = \text{coefficiente per rischi Bankitalia}$

$$x \leq 0,6 \quad y = 0,11$$

$$0,6 \leq x \leq 0,9 \quad y = -0,366x + 0,33$$

$$x \geq 0,9 \quad y = 0,00$$

Affidabilità dei soci

Molto negativo, Negativo, Indifferente o mancanza di informazioni: valore 0,000

Positivo: valore 0,045

Molto positivo: valore 0,090

La somma dei parametri così ottenuti fornisce gli elementi di verosimiglianza da utilizzare nella legge di Bayes per correggere la probabilità iniziale.

Calcolo dell'utilità marginale

La probabilità finale ottenuta applicando il teorema di Bayes con queste informazioni moltiplicata per l'utilità del capitale nei vari casi determina l'utilità marginale delle varie scelte. Il

valore massimo è quello che corrisponde alla scelta coerente del decisore, ovvero la scelta che farebbe con il rischio e l'utilità che si è disposti ad affrontare.

Supponiamo di operare nel caso di finanziamento con garanzie reali.

Le possibili decisioni sono:

d_1 = concedere il finanziamento,

d_2 = non concedere il finanziamento.

Eventi incerti:

Gli eventi incerti sono:

θ_1 = operazione a buon fine al termine del periodo esaminato,

θ_2 = operazione che termina con una perdita.

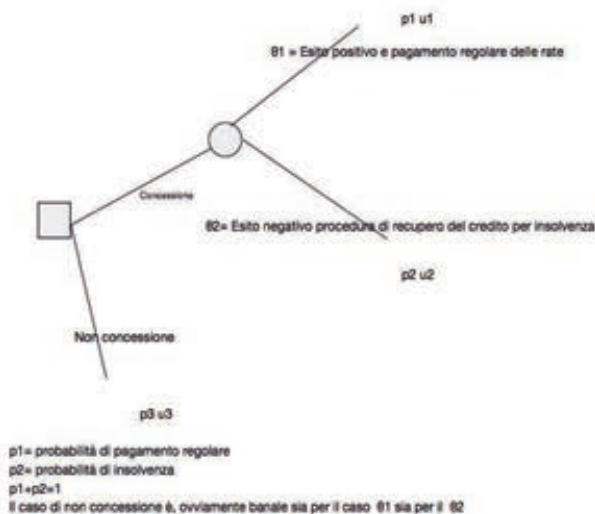
Conseguenze possibili

Le conseguenze possibili nel caso di concessione del credito sono:

C_1 = recupero integrale del capitale più gli interessi del periodo,

C_2 = recupero parziale del credito.

Nel caso di non concessione del finanziamento il capitale di cui si calcola l'utilità è pari all'importo del finanziamento non concesso (C_3). Infatti, se non ci sono altri utilizzi, qualsiasi sia la situazione economica del richiedente, non ci sono conseguenze per il capitale di rischio della banca. Mentre nel caso di finanziamento l'utilità si calcola sul capitale di prestito più gli interessi per il caso di buon fine; sul capitale recuperato in caso di esito negativo.

Albero decisionale nel caso di finanziamento ordinario

Questo è l'albero decisionale del caso:

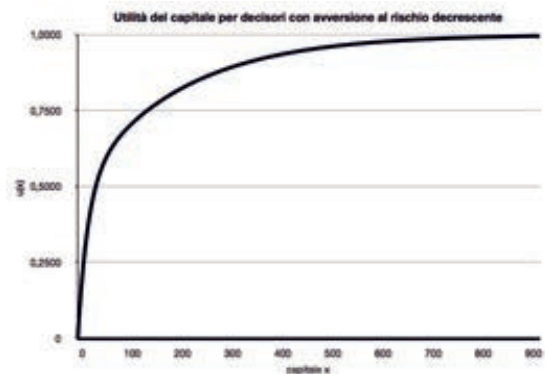
Utilità del capitale

Le diverse utilità dei capitali sono calcolate, in genere, mediante la curva di utilità per un decisore avverso al rischio decrescente (con l'importo del capitale rischiato):

$$u(x) = 1 - 0,5 * e^{-x/200} - 0,5 * e^{-x/20}$$

Dove u è l'utilità del capitale normalizzato x . Per valori molto piccoli la curva è quasi una retta: per valori elevati è asintotica al valore unitario.

Il valore che si assume come valore di base del capitale posseduto è 0,5 per analogia alla

corrispondenza tra utilità e probabilità al valore neutro (in assenza di informazioni).

Nel caso di esempio la curva di utilità è stata calcolata tenendo conto della frazione di capitale che la banca intende utilizzare per le operazioni di finanziamento a MT.

Questo risultato si ottiene semplicemente riportando tutti i calcoli monetari al rapporto tra il valore di x che corrisponde ad una utilità pari a 0,5 e il capitale aziendale. Poniamo, ad esempio, $x = 36$ per avere $u(x) = 0,5$. Quindi il valore del capitale viene normalizzato al valore di 36 con una semplice proporzione. Nello stesso modo sarà definita la base monetaria di tutti gli importi in gioco.

Le utilità in gioco quindi saranno:

u_1 = utilità del capitale di prestito più interessi del periodo,

u_2 = utilità del capitale recuperato in caso di esito negativo dell'intervento di finanziamento,

u_3 = utilità del capitale non impegnato nel finanziamento perché questo viene negato.

In tabella si riportano i dati fondamentali del finanziamento, della probabilità e utilità dei capitali in caso di esito positivo o negativo dell'operazione.

La valutazione andrebbe ripetuta per ogni annualità del finanziamento.

A questo punto abbiamo tutti gli elementi per effettuare il calcolo.

Infatti, è dato il valore del capitale di rischio del decisore; in base a questo ricaviamo il valore di u dalla curva normalizzata di utilità.

La probabilità iniziale di buon esito viene fornita soggettivamente. Questa sarà pari a 0,5 se non abbiamo nessuna informazione. Se si tratta di cliente già conosciuto si può dare un valore anche più elevato in base alla storia pregressa. Ovviamente la probabilità iniziale di perdita sarà data da 1 meno la probabilità iniziale di buon esito.

Si conosce il finanziamento richiesto, il tasso di interesse e quindi anche il valore del capitale (capitale più interessi) incassato in caso di buon

esito. A questo corrisponde una utilità per buon esito definita dalla curva specifica.
Si conosce il valore presunto di recupero in caso di cattivo esito a cui corrisponde una utilità del capitale recuperato.

Si conosce, ovviamente, il valore del capitale che non viene investito e che non produce reddito ovvero ne produce una quota inferiore a quella prevista in caso di impiego come finanziamento.

Tabella verosimiglianza	Valori per il calcolo della verosimiglianza	Parametri di verosimiglianza calcolati	Valori non numerici
Liquidità	1	0,11	
Equilibrio	0,3	0,1	* nota
Patrimonio (MDS/ Patrimonio netto)	0	0,09	---=0; --=0; +=0,01
Centrale Rischi	0,6	0,11	+=0,045; ++=0,09
Mercato (cfr nota *)	++	0,1	
Giudizio Filiale (cfr nota **)	++	0,09	
Variazione CCN	0,15	0,11	
Autofinanziamento su fatturato	0,15	0,1	** nota
Affidabilità dei soci (nota ***)	++	0,09	---=0; --=0; +=0
Altro (nota ****)	++	0,09	+=0,45; ++=0,09
Totale		0,99	

A questo punto si sommano tutti i parametri di verosimiglianza e si potrà costruire la tabella della probabilità del primo anno per il caso di buon esito e di cattivo esito, la verosimiglianza

in caso di buon esito ed il complemento a 1 per la verosimiglianza per il cattivo esito.
Si ha il complemento a 1 in quanto i casi in esame sono complessivamente due.

Applicazione della Legge di Bayes					
		Verosimiglianza 1o anno		Prodotto Verosimiglianza per probabilità	Probabilità finale con rettifica a 1 delle somme dei prodotti di probabilità per verosimiglianza
Probabilità iniziale di non fallimento 1o anno	0,7	0,99		0,693	0,9957
Probabilità iniziale di fallimento 1o anno	0,3	0,01		0,003	0,0043
			Somma verosimiglianze per probabilità	0,696	Rettifica 1,0000

Si ottiene quindi la tabella di applicazione della legge di Bayes che permette di passare dalla probabilità iniziale a quella modificata sulla base delle informazioni ricevute.

Si è supposto, caso abbastanza favorevole, che la somma dei termini di verosimiglianza abbia dato il valore 0,99 (a favore) e quindi 0,01 contro. Il prodotto della probabilità per la verosimiglianza non sarà quasi mai con somma 1, per cui deve essere normalizzato ad 1 per la coerenza con le leggi della probabilità.

A questo punto si tratta di calcolare l'utilità del denaro nei tre casi dell'albero decisionale:

- 1) Concessione del credito con esito positivo,
- 2) Concessione del credito con perdita,
- 3) Non concessione del credito.

Ad ogni valore di questi importi corrisponde una specifica utilità.

Nel caso di concessione si danno due casi:

Esito positivo,

Esito negativo.

Nel caso di non concessione si avrà sempre lo stesso esito in quanto l'insolvenza dell'impresa non cambia il risultato.

Quindi la fattibilità viene calcolata in base al

prodotto di probabilità per utilità per i due eventi incerti e per le due decisioni.

Sia

θ_1 = operazione a buon fine al termine del periodo esaminato,

θ_2 = operazione che termina con una perdita, e siano le due decisioni:

d_1 = Concessione,

d_2 = Non concessione.

Supponiamo che l'utilità sia nei quattro casi:

1) Concessione con esito positivo: $u_1 = 0,069140$,

2) Concessione con perdita: $u_2 = 0,048983$,

3) Non concessione (capitale iniziale non modificato anche con impresa che non va in default): $u_3 = 0,060593$,

4) Non concessione (capitale iniziale non modificato anche con impresa che va in default): $u_4 = u_3$.

In questo caso la scelta coerente è la concessione del finanziamento in quanto il valore dell'utilità marginale è maggiore.

Queste brevi indicazioni servono per dare un'idea di applicazione del metodo di Lindley al caso della concessione di finanziamenti di una banca ad una impresa.

CALCOLO DELLA FATTIBILITA'				
DECISIONI		θ_1	θ_2	Utilità marginale = somma dei prodotti di utilità per probabilità dei singoli eventi
CONCESSIONE	utilità degli esiti delle decisioni	0,069140	0,048983	0,069054
NON CONCESSIONE	utilità degli esiti delle decisioni	0,060593	0,060593	0,060593

probabilità dell'evento	0,995690	0,004310
-------------------------	----------	----------

Eventi esaustivi ed esclusivi:

θ_1 = pagamento regolare delle rate

θ_2 = insoluto con recupero del credito

La decisione dipende dalla somma, per ogni decisione, dei relativi prodotti di utilità per la probabilità

Quindi la prima è la somma dei prodotti
 $0,069140 \cdot 0,995690 +$
 $0,048983 \cdot 0,004310$

Il valore massimo tra quelli dell'ultima colonna rappresenta la scelta coerente per quel decisore

La risposta soggettiva all'informazione

La risposta all'informazione di una persona dipende dal suo carattere decisionale.

Si può rappresentare la risposta all'informazione graficamente con una curva gaussiana con in ascisse il rapporto adimensionale tra verosimiglianza della verità dell'informazione meno la verosimiglianza di non verità in rapporto alla verosimiglianza di non verità e ponendo in ordinate il rapporto adimensionale tra probabilità finale meno probabilità iniziale diviso la probabilità iniziale.

Si definisce verosimiglianza la plausibilità del verificarsi di un evento. I valori che questa assume sono compresi tra zero e 1 come le probabilità. Quindi si tratta del valore che una persona attribuisce alla probabilità che l'informazione ricevuta sia vera. L'inverso è il valore di *non plausibilità* che non necessariamente è pari a 1 meno il valore di plausibilità.

Se gli eventi esaustivi ed esclusivi sono due ed il rapporto di scommessa iniziale R_1 e sia p_v la verosimiglianza che il decisore attribuisce all'informazione di essere vera e p_f la verosimiglianza che il decisore attribuisce all'informazione di essere falsa, in questo caso la probabilità finale è data da:

$$p_2 = R_1 * p_v / p_f$$

ovvero in termini di ragioni di scommessa: $R_2 = R_1 * R_v / R_f$ dove R_v è la ragione di scommessa che l'informazione sia vera e R_f è la ragione di scommessa che l'informazione sia falsa e R_1 è la ragione di scommessa iniziale.

Le note riportate di seguito appaiono di tipo psichiatrico, ma in realtà derivano da analisi sull'intelligenza artificiale.

Infatti, il primo elemento da definire per un cervello artificiale funzionante con capacità di apprendimento è il cosiddetto carattere di base.

Si sono mutuati dalla pratica psichiatrica i caratteri semplici secondo le seguenti definizioni:

Carattere psicotico:

Si tratta di un decisore che attribuisce valori bassi, ovvero al di sotto della media, alla verosimiglianza delle informazioni. Quindi la differenza tra probabilità iniziale e finale dopo informazione è prossima allo zero.

Nel diagramma con le variabili adimensionali sopra indicate il carattere psicotico puro è definito dall'asse delle ascisse.

Carattere neurotico:

Si definisce come carattere neurotico quello di un decisore che tende a modificare drammaticamente le probabilità in base alle informazioni. Ovvero si tratta di un carattere che tende a sovravalutare le indicazioni fornite dalle informazioni. Il carattere neurotico puro è rappresentato da una retta verticale nel diagramma adimensionale.

Carattere schizoide:

Si definisce carattere schizoide quello che risponde con valori della verosimiglianza in modo casuale. Il carattere schizoide può essere puro se non esiste nessuna correlazione tra informazione e valore della verosimiglianza attribuita all'informazione o parzialmente schizoide se questo comportamento non è sistematico e totalmente incoerente.

Sottocarattere paranoide:

Si definisce sottocarattere paranoide quello che tende a valutare le informazioni in termini di riduzione delle probabilità a favore. Questo tipo non è molto influente nel carattere psicotico, anche se può modificare le opinioni invertendone il segno. Nel diagramma adimensionale del paranoide i risultati delle valutazioni si trovano prevalentemente nell'area negativa.

Sottocarattere ottimista:

Si definisce sottocarattere ottimista (inverso del paranoide o con predisposizione al rischio) quello che tende a valutare sistematicamente a favore tutte le informazioni che riceve. Ovvero tende ad incrementare la probabilità di un evento favorevole anche con informazioni non coerenti con questo risultato. Nel diagramma adimensionale i risultati delle valutazioni si trovano prevalentemente nell'area positiva.

I caratteri ed i sottocaratteri in genere coesistono. Ad esempio, può esserci un carattere schizoide paranoico, o con predisposizione al rischio, ovvero neurotico paranoide, o, anche se meno significativo, psicotico paranoide.

È molto interessante osservare come nelle persone il carattere non sia costante, varia nel tempo e con le condizioni in cui si trovano ad operare e anche (spesso) con il tipo di decisione.

In genere le persone con scarsa capacità decisionale, ovvero con incoerenze più o meno sistematiche, oppure chiamate a compiti che non sono in grado di svolgere, tendono a maturare comportamenti psicotici in quanto si sentono rassicurati da regole predisposte e fisse che non richiedono dispendio intellettuale.

Le personalità con tendenza neurotica, nel tempo, tendono o ad attenuare questa tendenza o ad accentuarla.

È, in genere, statico il comportamento schizoide e raramente le tendenze paranoide o di predisposizione al rischio mutano con l'esperienza.

Le modifiche caratteriali si verificano solo nelle persone con forte capacità autocritica e con tendenza ad analizzare i propri comportamenti verificandone la coerenza.

Di seguito riportiamo dei diagrammi indicativi delle tendenze psicotiche e neurotiche con influenza paranoide o di predisposizione al rischio. In genere si definisce, per semplicità e per le macchine pensanti, come normale il diagram-

ma dell'aggiornamento delle probabilità iniziali rappresentato da una gaussiana con $\mu = -0,36$ e $\sigma^2 = 0,36$. Ovvero si tratta di un decisore con tendenza né neurotica né psicotica e una parziale paranoia derivante dal fatto empirico che i casi sfavorevoli sono quasi sempre in quantità minore di quelli favorevoli. Una tipologia totalmente neutra porrebbe invece $\mu = 0$.

Poniamo p_i = probabilità finale dopo valutazione verosimiglianza e p_i = probabilità iniziale.

Mentre v_e è la verosimiglianza dell'accadimento dell'evento mentre v_{ne} è la verosimiglianza del non accadimento dell'evento

Sull'asse delle ordinate avremo il rapporto adimensionale $p_i - p_i / p_i$. Sull'asse delle ascisse avremo il rapporto $v_e - v_{ne} / v_{ne}$.

Quindi passiamo alle rappresentazioni grafiche.

Normale standard

$\mu = -0,36$ e $\sigma^2 = 0,36$

Ottimista standard

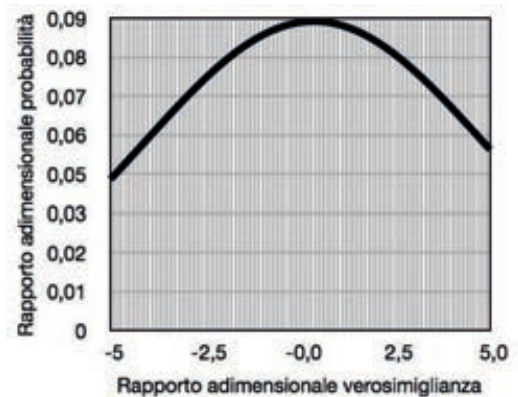
$\mu = 0,36$ e $\sigma^2 = 0,36$

Psicotico tipico

$\mu = -0,36$ e $\sigma^2 = 20$

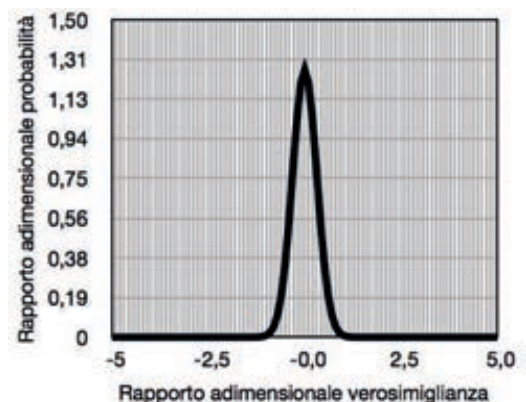
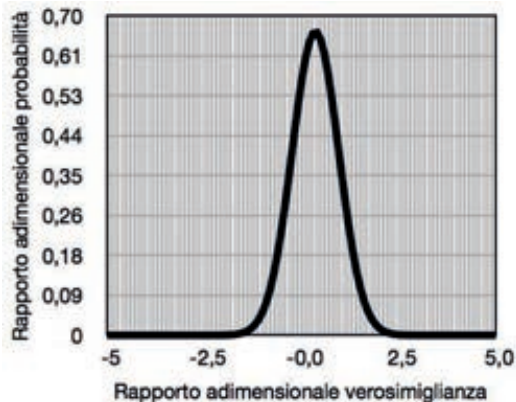
iniziale a seguito dell'informazione è scarsa.

Neurotico tipico

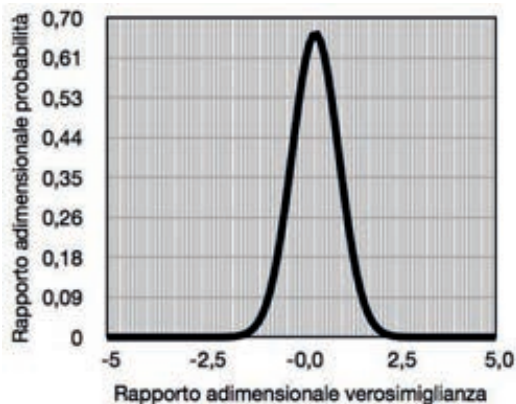


$\mu = 0,00$ e $\sigma^2 = 0,1$

Come si può vedere l'area di intervento è molto stretta e quindi le decisioni ricadono nella zona di maggior effetto sulla variazione della probabilità dell'evento.



Come si può vedere l'area di intervento è larga e piatta per cui la variazione della probabilità



Il carattere schizoide non ha un aspetto di gaussiana, ma di punti dispersi sul diagramma cartesiano.

Per riferimento la formula della gaussiana utilizzata è la seguente:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

dove la $x = v_e - v_{ne} / v_{ne}$.

e la $f(x) = p_i - p_i / p_i$

APPENDICE

Riportiamo il testo tradotto delle riflessioni sul ragionamento induttivo di F.P. Ramsey:

Induzione: Keynes e Wittgenstein

Ho intenzione di discutere di una delle più importanti questioni filosofiche, che è di interesse generale e non, credo, difficile da capire. Quello che, tuttavia, è così difficile, tanto che ho abbandonato il tentativo, è di spiegare le ragioni che sono per me decisive a favore del punto di vista che mi sono proposto, vale a dire che è l'unico compatibile con il resto del sistema di Wittgenstein.

"Il processo di induzione", dice, "è il processo di assumere la più semplice legge che può essere fatta in armonia con la nostra esperienza. Questo processo, tuttavia, non ha alcun fondamento logico, ma solo psicologico. È chiaro che non ci sono motivi per ritenere che il più semplice corso degli eventi avverrà realmente".

Questo è il punto di vista che voglio difendere, ma comincerò considerando la sola descrizione plausibile di una visione alternativa, della quale sono a conoscenza, e cioè quello di Keynes nel suo *Treatise on Probability*.

Egli introduce una ipotesi, che egli chiama l'ipotesi di varietà limitata, che è grosso modo che tutte le proprietà delle cose nascono da varie combinazioni di assenza o presenza di un numero finito di proprietà fondamentali o generatrici. Egli sostiene che gli assunti di questa ipotesi potrebbero giustificare il nostro attribuire certezza alle loro conclusioni ma che il grado giusto di probabilità approssimerebbe la certezza quante più osservazioni sono state fatte che confermano le conclusioni.

Mi sembra che il suo argomento per l'adeguatezza di questa ipotesi contenga un errore; cioè che non richieda l'ipotesi che la varietà sia limitata, bensì che abbia qualche limite definito. Possiamo giustificare l'induzione supponendo che ci sono solo 1000 generatori di proprietà, o supponendo che ce ne siano solo 5 milioni, ma non è sufficiente supporre semplicemente che siano un numero finito. Spiegare perché penso che questa modifica sia necessaria, non è possibile senza entrare in dettagli difficili.

Ma che io abbia ragione o no, non vedo alcuna ragione logica per credere ad alcuna di tali ipotesi; non sono il genere di cose di cui si può supporre di avere una conoscenza a priori, perché sono complicate generalizzazioni sul mondo che evidentemente potrebbero non essere vere. A questo si potrebbe rispondere che non è necessario supporre di conoscere l'ipotesi per certi a priori, ma solo che ha una probabilità finita a priori. (Può essere spiegato che l'alternativa ad una probabilità finita non è un infinito, ma un infinite-

simo, come la probabilità che un cuscino abbia una tonalità di colore definito da un numero infinito di tonalità possibili). Argomenti induttivi avrebbero una certa forza se la probabilità iniziale dell'ipotesi fosse finita, e potrebbe quindi essere applicata alla stessa ipotesi, e quindi la probabilità dell'ipotesi aumenterebbe, il che aumenterebbe anche la forza dell'argomento induttivo. Questo corrisponderebbe alla nostra sensazione che l'induzione derivi la sua validità, almeno in parte, dalla nostra esperienza del suo successo.

Dobbiamo quindi considerare la probabilità a priori di una ipotesi di varietà limitata; come possiamo determinare se è finita? Presumibilmente, mediante ispezione diretta, ma a causa della natura astratta delle ipotesi questo è difficile, mi sembra più facile affrontare la questione se notiamo che, se l'ipotesi ha una limitata probabilità a priori, l'ha così ogni generalizzazione come "tutti i cigni sono bianchi"; questo è davvero l'unico motivo per introdurre l'ipotesi. Se poi si può vedere, come credo che possiamo, che la probabilità a priori di "tutti i cigni sono bianchi" è infinitesimale, così deve essere quello dell'ipotesi di varietà limitata.

Non vedo come procedere ulteriormente senza discutere la natura generale di probabilità; secondo Keynes sussiste tra qualsiasi coppia di proposizioni qualche relazione logica oggettiva, da cui dipende il grado di fiducia che è razionale avere in una delle due proposizioni, se l'altra è già nota. Questa chiara obiettiva teoria è però offuscata dal suo affermare in uno o due passaggi che "la probabilità è relativa in un certo senso ai principi della ragione umana". Con la parola umana si passa da una nozione puramente logica per una che è, almeno in parte, psicologica, e di conseguenza la teoria diventa vaga e confusa. Keynes cerca di identificare le relazioni logiche tra proposizioni, con quelle psicologiche che esprimono il grado di fiducia che è razionale per gli uomini di intrattenere, con il risultato che le relazioni di probabilità di cui egli parla non possono essere chiaramente identificate, dove la difficoltà nel decidere o no può sempre essere confrontata tra l'uno e l'altro o misurata da numeri.

Tra proposizioni ci sono infatti relazioni logiche, o formali, alcune delle quali ci permettono di dedurre una proposizione dall'altra con certezza, altre solo con probabilità. Per esempio, se p , q sono due proposizioni elementari, ad esempio come asserire fatti atomici, possiamo vedere quale probabilità la proposizione $p \vee q$ (p o q) dà alla proposizione p nel modo seguente.

Ci sono 4 casi possibili:

p vera e q vera,
 p vera e q falsa,
 p falso e q vero,
 p falsa e q falsa.



di queste l'ultima (p falsa e q falsa) è esclusa dall'ipotesi $p \vee q$; dei restanti tre casi p è vera in 2, così $p \vee q$ fornisce la probabilità $2/3$. Tali probabilità sono inevitabilmente numeriche e derivano in maniera chiara e stabilita dalle forme logiche delle proposizioni; e mi sembrano essere le uniche probabilità logiche, e solo loro possono fornire una giustificazione logica per una inferenza.

È chiaro che non giustificano l'induzione, perché non permettono in nessun modo di dedurre da un insieme di fatti altri fatti interamente distinti da questi; non c'è alcun rapporto formale di questo tipo tra la tesi secondo cui alcuni cigni esaminati sono bianchi e la proposizione che qualche altro cigno è bianco. Questo può essere visto anche prendendo il problema dell'induzione nella forma in cui l'abbiamo lasciato. Abbiamo visto che se l'induzione deve essere giustificata deve esserci una probabilità finita iniziale che tutti i cigni sono bianchi, e questo non potrà essere, a causa del numero infinito di cose che, per quanto ne sappiamo a priori, possono essere cigni neri.

A questa teoria della probabilità si potrebbe probabilmente obiettare, in primo luogo, che è difficile dare applicazione pratica, perché non si conoscono le forme logiche delle complicate proposizioni della vita di ogni giorno; a questo rispondo che può comunque essere una teoria vera, e che questo è supportato dalle contraddizioni alle quali le applicazioni alla vita quotidiana delle teorie della probabilità quasi sempre portano.

Una seconda obiezione più grave è che essa non giustifica processi come l'induzione, che riteniamo ragionevole, e che deve essere in un certo senso ragionevole o non c'è niente per distinguere il saggio dal folle. Ma vorrei suggerire che il senso in cui sono ragionevoli non necessita che non siano giustificati da relazioni logiche. Mi sembra che ci sia una qualche analogia tra questa questione e quella del bene oggettivo o intrinseco, in quest'ultima si considera la giustificazione delle nostre azioni, e sono presentate ad un tempo con la semplice soluzione che ciò si trovi nella tendenza a promuovere il loro valore intrinseco, una misteriosa entità non facile da identificare; se ora ci rivolgiamo alla giustificazione dei nostri pensieri noi abbiamo l'ugualmente semplice soluzione che questa si trovi nel seguire certe relazioni di probabilità logica (egualmente misteriose e difficili da identificare), come le uniche individuabili sono evidentemente inappropriate. Io penso che entrambe queste semplici soluzioni sono errate, e che le vere risposte non siano in termini di etica o di logica, ma di psicologia: ma qui finisce l'analogia; le azioni sono giustificate se esse sono tali che esse o le loro conseguenze noi o le persone in generale ne hanno una qualche reazione psicologica come esserne soddisfatti.

Ma non possiamo dare questi casi in giustificazione delle inferenze. Due soluzioni mi sembrano possibili; una, suggerita da Hume, è che le buone deduzioni sono quelle derivanti dai principi dell'immaginazione che sono permanenti, irresistibili ed universali in opposizione a quelle



che sono mutevoli, vacue e irregolari. La distinzione tra ragionamento buono e cattivo è quindi la stessa che c'è tra salute e malattia.

L'altra soluzione possibile mi è appena venuta in mente, e poiché sono stanco non riesco a distinguere chiaramente se è ragionevole o assurda. Grosso modo è che un tipo di deduzione è ragionevole o irragionevole in funzione delle frequenze relative con le quali determina il vero o il falso.

L'induzione è ragionevole in quanto produce previsioni che sono in generale verificate, non a causa di qualsiasi previsione logica, che è generalmente verificata, né a causa di ogni relazione logica tra le sue premesse e conclusioni. In questa prospettiva possiamo stabilire per induzione che l'induzione è razionale, ed essendo l'induzione ragionevole questo sarebbe un argomento di buon senso.

Simbologia

d_i = decisione i-esima,
 θ_i = evento incerto i-esimo,
 C_i = conseguenza i-esima di una decisione,
 $u(x)$ = utilità normalizzata (ad esempio di un capitale di rischio),
 $p(E)$ = probabilità di verificarsi di un evento E,
 $p(F | E)$ = probabilità di E dato l'evento F,
 $R(E)$ = rapporto tra casi favorevoli e casi avversi (rapporto di scommessa),
 $R(F | E)$ = rapporto di scommessa dell'evento F dato E,
 v_e = verosimiglianza dell'accadimento di un evento,
 v_{ne} = verosimiglianza del non accadimento di un evento.

Bibliografia

- Dennis V. Lindley - La logica della decisione - Il Saggiatore - 1990
- Frank Plumpton Ramsey - Notes on Philosophy, Probability and Mathematics - Edited by Maria Carla Galavotti - Bibliopolis - 1991
- Ludwig Wittgenstein - Osservazione sui colori - Einaudi Paperbacks - 1981
- Ludwig Wittgenstein - Della certezza - Einaudi Paperbacks - 1978
- Giuseppe Ricci - Calcolo di coerenza in un caso particolare - Quaderni di Ingegneria della conoscenza - Edizione 1- 2012 - ISBN 978 - 1 - 291 - 09000 - 0.

A “vele spiegate” verso Alfa Centauri

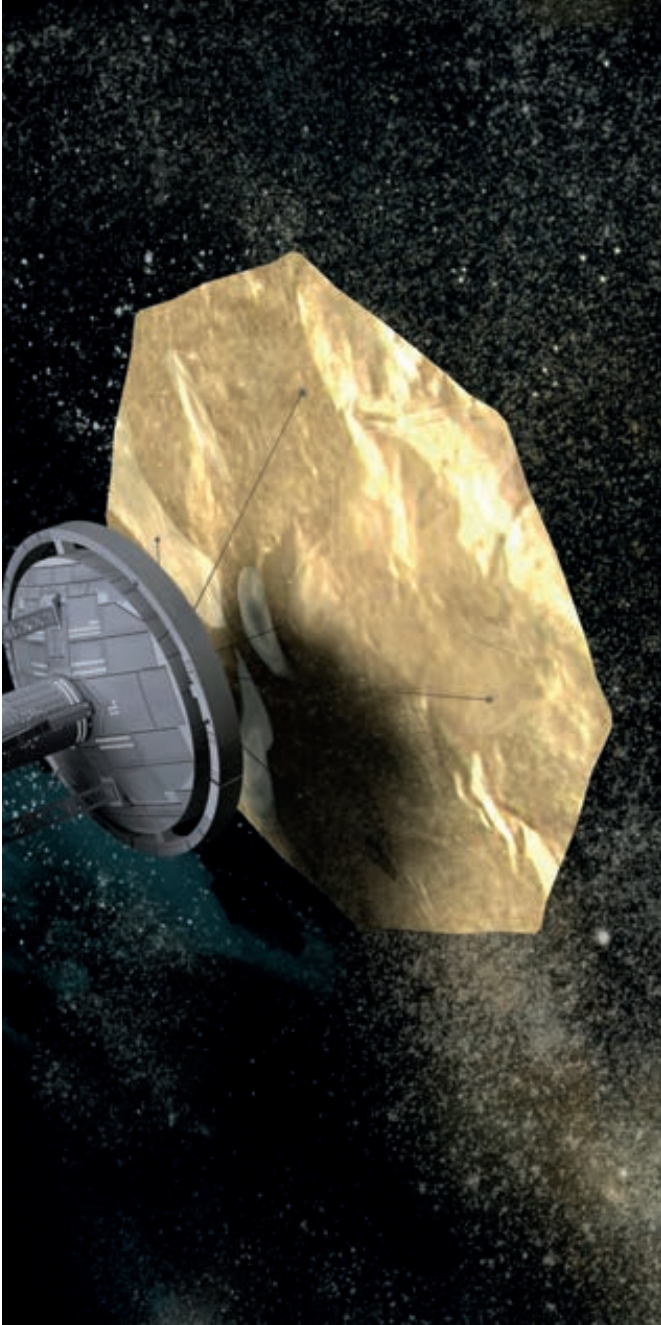
a cura di Ing. Carlo Di Leo

4. Breve storia delle vele spaziali

Le prime tracce di uno studio sulle vele spaziali come mezzo di navigazione interplanetaria si trovano negli scritti di Konstantin Eduardovich Tsiolkowsky, il grande scienziato russo che pose le prime basi dell'astronautica. Tali scritti furono elaborati nel 1921.

Tsiolkowsky pensava all'applicazione spaziale di un'idea che era cominciata a circolare verso la fine dell'Ottocento nella letteratura fantastica. Il concetto, sia pure embrionale, si scopre nel racconto del 1881 di Henri de Graffigny e George LeFavre dal titolo “Avventure straordinarie di uno scienziato russo”. Nel 1913, invece, in una storia dal titolo “Sulle onde eterree” scritta dal sovietico Krasnogorski si giunse a descrivere una vela spinta dalla radiazione solare. Ma queste immagini di fantasia non erano nate dal nulla. James Maxwell nella seconda metà dell'Ottocento pubblicava la sua teoria sull'elettromagnetismo, mentre nel 1897 Leberdev dimostrava l'esistenza della pressione esercitata dalla radiazione solare. Allo stesso risultato giungevano poco dopo anche Nichols e Hull i quali lo riferivano in un articolo pubblicato sul numero del luglio 1903 della rivista Physical Review. Un altro interessante contributo giungeva nel 1908 dal celebre August Arrhenius, il quale sosteneva che la vita era stata diffusa nella galassia da spore disperse sotto l'effetto della pressione della luce.

Tsiolkowsky recepì questi spunti che divennero materia di una prima analisi applicativa nel libro



pubblicato nel 1921 dal titolo "L'uomo nello spazio cosmico" ed in alcune note non pubblicate. Mentre il grande pioniere dell'astronautica si limitava a valutare in generale la nuova possibilità, spettava ad un altro sovietico il merito di aver steso il primo progetto di un veicolo spaziale spinto dalla pressione solare. Lo scienziato era Friedrich Arturovitch Tsander teorico della navigazione spaziale, ma soprattutto progettista dei primi propulsori a razzo sovietici e membro del celebre "Gruppo per lo studio della propulsione a reazione" di Mosca.

"Per viaggiare nello spazio interplanetario" scriveva Tsander nel 1924 "sto lavorando all'idea di volare usando dei grandi specchi costituiti da fogli estremamente sottili, ma capaci di garantire

favorevoli risultati". E dopo aver spiegato come la radiazione spinga i grandi specchi, Tsander continuò il suo articolo allargando il discorso e proponendo la costruzione di una stazione spaziale della quale tracciò le principali caratteristiche. Nello stesso anno Tsiokowsky tornò ad occuparsi dell'argomento e in un articolo dal titolo "La nave spaziale" scriveva quanto segue: "La pressione della luce del Sole può anche oggi essere applicata ai veicoli, che abbandonata la Terra, richiedono soltanto un sistema di propulsione per muoversi nello spazio."

Ma progetti tanto innovativi non potevano trovare, allora, delle concrete possibilità di realizzazione. E l'astronautica ritornò così a ripercorrere i gradini più fondamentali della conquista dello spazio. Le vele spaziali rimasero negli appunti dei pionieri e soltanto qualche scrittore di fantascienza le fece volare nei propri racconti, se non altro per mantenere viva l'idea. Questo fino al 1951, quando apparve il primo "technical paper" scritto dallo statunitense Carl Wiley dal titolo "Clipper Ship of Space". Il lavoro fu pubblicato sulla rivista "Astounding Science Fiction". Wiley che era ingegnere alla Rockwell non firmò direttamente ma si nascose sotto lo pseudonimo di Russell Sander, forse per non perdere la credibilità dei colleghi.

La prima apparizione del tema su una rivista professionale avvenne nel 1958, un anno dopo il lancio del primo Sputnik, ad opera di Richard Garwin, un tecnico consulente del Dipartimento della Difesa. Su "Jet Propulsion", infatti, Garwin descrisse una vela solare (allora non si parlava ancora di vele sospinte da raggi laser) e ne calcolò le prestazioni. Nello stesso anno ai Los Alamos Scientific Laboratory, Ted Cotter mise a punto un lavoro teorico analizzando gli aspetti tecnici di una missione a vela solare. Questi ultimi studi diedero il via ad una serie di indagini condotte in diversi centri, alcuni dei quali della NASA che nel 1958 si era appena costituita. Due anni più tardi al Langley Research Center della stessa NASA si tenne il primo meeting sulla progettazione delle vele spaziali e l'anno seguente l'Università di California a Los Angeles organizzò un corso monografico sullo stesso argomento. Da allora le iniziative si moltiplicarono, almeno negli Stati Uniti e l'ampio raggio delle ricerche cominciò a dare buoni frutti. Tra il 1965 ed il 1967 Richard Mac Neal e John Hedgepath inventarono l'eliogiro ossia una vela solare costituita da una serie di superfici simili alle pale di un elicottero. Intanto l'uso della pressione della radiazione solare trovava una prima applicazione immediata al di fuori delle vele. Nel 1973 la sonda americana Mariner 10, che tra l'altro riuscì a sorvolare più volte la superficie di Mercurio, grazie ad un'orbita studiata dal Prof. Giuseppe Colombo (docente all'Università di

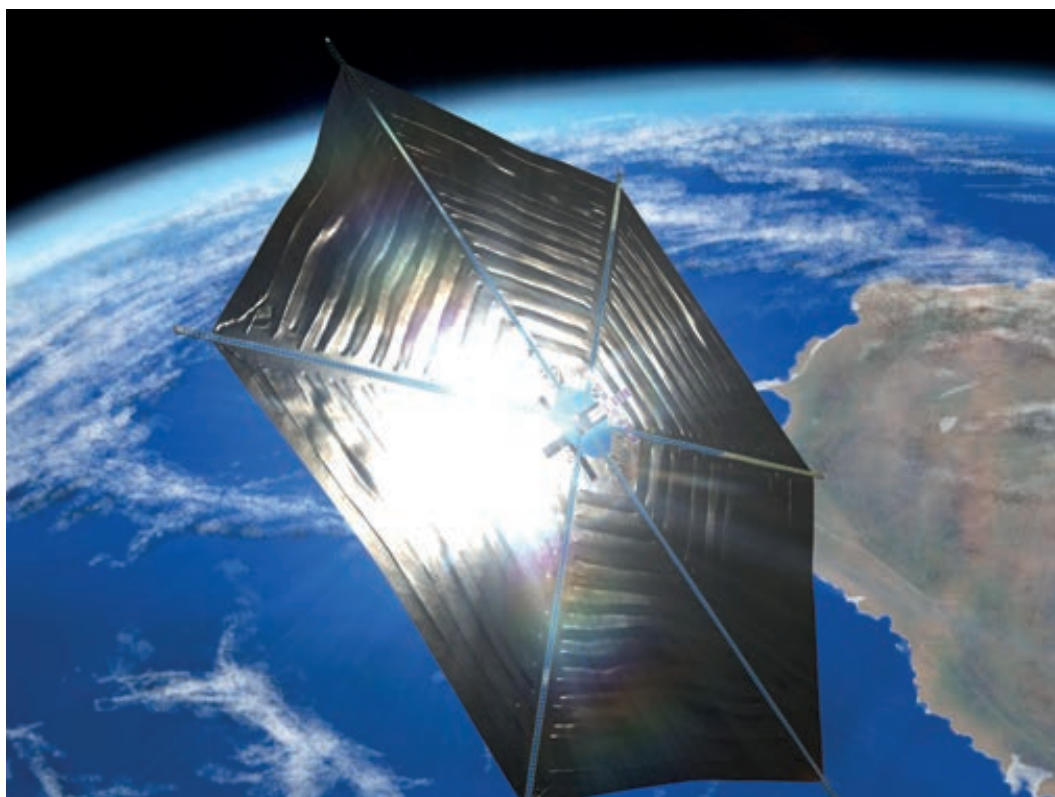


Padova e grande esperto di meccanica celeste e di meccanica del volo spaziale e allora collaboratore dell'ente spaziale americano) era dotata di superfici che permettevano un parziale controllo d'assetto sfruttando la pressione della radiazione solare. Proprio la stessa tecnica fu in seguito adoperata in maniera ancora più rilevante sui satelliti sovietici Regatta. Al Jet Propulsion Laboratory della NASA a Pasadena questo genere di studi trovò un terreno fertile per essere coltivato, finché nel 1977 ottenne l'approvazione dell'allora direttore Bruce Murray che raccolse la proposta di valutazione di un progetto di vela solare da lanciare verso la cometa di Halley, progetto nato da una ricerca di Jerome Wright dell'Istituto Battelle. Tra il 1977 ed il 1978 il gruppo che lavorava al cosiddetto Halley Comet Rendez-Vous Solar Sail Program ed il cui direttore era Louis Friedman, metteva a punto una vela in collaborazione con una mezza dozzina di industrie e con due centri della NASA, il Langley e l'Ames vicino a San Francisco.

“Nonostante l'efficienza dimostrata dal team di tecnici” scrisse Louis Friedmann “ed il completamento di una prima fase di progettazione, la NASA si dimostrò conservatrice nelle scelte e ritenne che il progetto e lo sviluppo non potessero mai essere raggiunti in tempo per il 1981,

anno stabilito per il lancio. Inoltre, si considerò che la tecnologia non fosse sufficientemente matura per un piano spaziale così a breve termine”. Comunque, il progetto della vela venne messo in competizione con un altro sistema a propulsione ionica, il quale vinse la gara ma invano, perché alla fine quel programma venne cancellato.

È proprio da questa infelice conclusione del programma del JPL che nacque la World Space Foundation alla fine degli anni Settanta, la quale riprese il programma sviluppando una Engineering Development Mission (EDM). Così a Pasadena, dove ha sede la fondazione diretta da Robert L. Staehle, uno scienziato del JPL si costruì la prima vela solare formata da un foglio di Mylar alluminizzato. Staehle, tra l'altro è stato autore del primo “technical paper” contenente la descrizione dell'uso di una vela solare da impiegare come veicolo cargo in supporto ad una spedizione umana verso Marte. Tra gli studi che si sono susseguiti nel tempo, una menzione a parte merita quello realizzato da Robert L. Forward, “senior scientist” ai laboratori di ricerca della Hughes a Malibu, in California. Forward nel 1985, come già accennato in precedenza, immaginò di usare un potente laser a microonde collocato in un'orbita terrestre, in grado



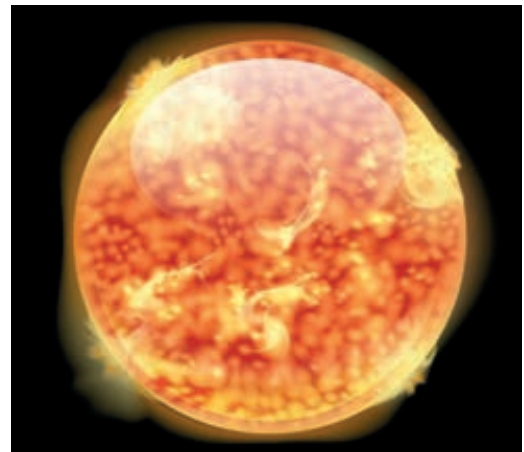
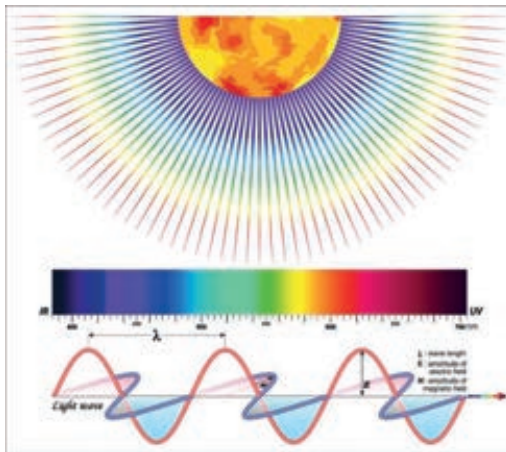
di sospingere una vela solare che egli chiamò "Starwisp" ("Soffio di stella") in un viaggio interstellare proprio verso Proxima Centauri. Secondo le stime di Forward, in poco più di 20 anni, Starwisp dovrebbe arrivare a destinazione, spinta da un fascio laser della potenza di 20 gigawatt e continuamente alimentato dalla radiazione solare. Nella sede di arrivo, la vela ad una velocità pari ad un quinto di c (indicando con " c " la velocità della luce) dovrebbe compiere un primo sorvolo dell'astro, mentre un sistema di telecamere dovrebbe riprendere 25 immagini al secondo trasmettendole a terra. Ciò consentirebbe la preparazione di una seconda missione con una vela di 3,6 chilometri di diametro, sottile 16 nanometri e chiamata "Starlite", spinta questa volta da un laser a microonde ancora più potente, in grado di arrivare a 65 gigawatt. Secondo le previsioni di Forward, Starlite sarebbe dovuta giungere su Proxima Centauri in 40 anni (poiché più pesante) per una ricognizione più dettagliata. Sempre secondo Forward si potrebbe mettere a punto una Starlite Special che spinta da un super laser a microonde da 43 mila terawatt permetterà di estendere l'esplorazione sino alla stella "epsilon Eridani", distante 10,8 anni luce dalla Terra.

Forward è noto presso la comunità scientifica

mondiale per essere uno dei più grandi esperti di laser, avendo egli stesso collaborato alla messa a punto dei primi esemplari presso i laboratori Hughes nel 1960. Due anni più tardi scriveva la prima memoria dedicata all'impiego del laser per la produzione di una vela spaziale. Proprio questo concetto elaborato da Forward si ricollega ad uno studio condotto in Italia da uno dei pionieri dell'astronautica italiana, l'Ing. Luigi Gussalli, di Brescia. Gussalli presentò una memoria del XIX Congresso della Società Italiana per il Progresso delle Scienze (Bolzano-Trento, settembre 1930) nella quale propose la trasmissione di energia a distanza per spingere un'astronave che avesse fatto ricorso al propulsore a "doppia reazione" ideato dallo stesso Gussalli nel 1923. L'idea fu in seguito ripresa in un volume pubblicato nel 1946 dal titolo "I viaggi interplanetari per mezzo di radiazioni solari". L'idea un po' stravagante e certamente originale, prevedeva il lancio di "cordoni nebulari" costituiti da polveri lanciate per mezzo di razzi V2 e poi accelerati ad alta velocità dalla pressione esercitata su di essi dalla radiazione solare. Questi "cordoni" opportunamente orientati verso l'astronave, avrebbero azionato il propulsore a doppia reazione consentendo la traslazione del veicolo tra i pianeti più vicini. Nel 1969, anno del primo sbarco sulla Luna, gli stu-

di sulle vele solari erano ancora embrionali, ma da allora molti scienziati hanno dedicato il loro tempo a questa originale tecnologia. E intanto altri organismi sono nati per sostenere lo sviluppo dell'idea. Così, oltre alla "World Space Foundation" americana è stata creata la "Union pour la Propulsion Photonique" in Francia, la "Solar Sail Union" in Giappone ed un analogo organismo in Gran Bretagna.

In sostanza una vela solare funziona allo stesso modo. La luce è infatti costituita da fasci di particelle elementari, dette fotoni che si portano dietro ciascuna una propria quantità di moto e che si comportano come altrettanti proiettili. Se la vela è costituita da materiale altamente riflettente, la spinta che ne consegue sarà giusto doppia di quella agente su una vela assorbente. La forza esercitata dalla radiazione solare di-



5. La fisica delle vele spaziali

Veleggiare nello spazio è un po' come veleggiare in mare: quale che sia il "motore" e quale l'intensità è facile spiegarlo; difficile è impadronirsi delle tecniche di navigazione, in particolare dell'arte di orientare la vela per ridurre i tempi di percorrenza lungo una rotta prefissata. Il principio fisico che sta alla base di tutto è spiegato anche nei testi di fisica elementare adoperati nei licei. Immaginiamo di sparare un colpo di fucile contro un blocco di legno capace di assorbire il proiettile. L'esperienza ci dice che il blocco, colpito dalla palla di piombo, schizzerà in avanti con una certa velocità obbedendo ad un principio della fisica noto come legge di conservazione della quantità di moto. Lo stesso principio impone che se il proiettile, invece di essere assorbito, dovesse rimbalzare in modo perfettamente elastico, cioè ritornando indietro con la stessa velocità, allora l'impulso acquistato dal bersaglio sarebbe perfettamente doppio. Supponiamo adesso che il blocco si muova su un piano orizzontale senza attrito per cui acquistata la velocità Δv , tenderà a conservarla all'infinito. Se ora spareremo un secondo proiettile "elastico", trasferiremo al blocco un secondo incremento di velocità Δv , poi un terzo, un quarto, un quinto e via di seguito, fino all' n -esimo proiettile: alla fine il blocco si muoverà ad una velocità pari ad $n\Delta v$. (Chiaramente in questo ragionamento viene data per sottintesa l'ipotesi che la massa del blocco sia molto maggiore di quella del proiettile in considerazione).

pende da due fattori. Il primo è la distanza dal Sole, in quanto l'irraggiamento segue la legge del quadrato dell'inverso della distanza: più si è lontani, meno i fotoni giungono a parità di superficie e minore sarà l'impulso. Il secondo è la superficie della vela, che qui, per semplicità supponiamo disposta perpendicolarmente al fascio di radiazione: più è ampia, tanto maggiore sarà la spinta. La velocità finale dipenderà infine dalla massa della vela, evidentemente seguendo una proporzionalità inversa che farà muovere più velocemente la vela più leggera. Per avere un ordine di grandezza dei parametri in gioco, diciamo che considerando una vela posta alla distanza media della Terra dal Sole (la distanza media tra la Terra ed il Sole nel corso di una rivoluzione orbitale di un anno è pari a 149.597.870 km) con una superficie perfettamente riflettente di 10.000 m² e del peso complessivo di 500 kg (4.903 newton) l'incremento di velocità per ogni ora di esposizione al Sole risulta essere di 0,65 m/s. Non è un dato esaltante, ma non si dimentichi che si sta parlando di vele solari. Ben diverso è il discorso quando si parla di vele spinte da potenti fasci di raggi laser.

Volendo si potrebbe anche scrivere un semplice programma al computer per calcolare il tempo di percorrenza di un qualsiasi tragitto interplanetario. Si ottiene, ad esempio, che quella stessa vela potrebbe raggiungere l'orbita marziana a partire dalla Terra in poco più di un anno e toccando alla fine del percorso la velocità di 4,3



km/s, se viaggiasse in linea retta. Per giungere fino a Giove, impiegherebbe invece quattro anni. Ma sono risultati che non hanno alcuna utilità pratica, in quanto la vela non può allontanarsi in direzione radiale rispetto al Sole poiché al momento del lancio è animata dalla velocità orbitale della Terra che la obbliga a ruotare intorno alla nostra stella. Ed è qui che si misura l'abilità dello "skipper spaziale", il quale deve saper orientare opportunamente la vela in modo da ottenere la massima spinta nella direzione del moto orbitale.

Infatti, l'aumento della velocità origina un allargamento dell'orbita, così come, al contrario, frenare il moto orbitale, significa sollecitare una caduta verso il Sole. Si è calcolato che un angolo costante di 35 gradi tra i raggi solari ed il piano della vela costringe la navicella ad allontanarsi lungo un tragitto spiraliforme che la porterebbe all'orbita di Marte in 4 anni e 10 mesi.

Ma questa non è ancora la soluzione più efficace. Con una tecnica di navigazione ad angolo di incidenza variabile, che alterna accelerazioni al perielio con frenate all'afelio, si potrebbe "stirare" l'orbita, modificandone cioè l'eccentricità più che le dimensioni, ma sempre operando in modo che all'afelio la vela possa giungere a destinazione. Un simile tragitto richiederebbe per giungere a Marte 3 anni e 6 mesi.

La vela solare progettata dall'italiana Thales Alenia Space per la Space Sail Cup (la gara di velocità Terra-Marte) nei primi anni Novanta era

un quadrato di 100 metri di lato, costituito da fogli di Mylar, spessi solamente 5 micron (essendo quest'ultimo la millesima parte del millimetro) ricoperti da una pellicola riflettente di alluminio. Il dispiegamento nello spazio doveva avvenire grazie al gonfiaggio di quattro tubi di Kevlar che costituivano le semi-diagonali del quadrato. I tubi estendendosi provocavano lo srotolamento dei fogli di Mylar dalle scatole in cui erano ripiegati per occupare poco spazio al momento del lancio. Il gas che li avrebbe dovuti gonfiare conteneva un catalizzatore che insieme alla luce del Sole provocava l'indurimento di una resina impastata con i tubi: la struttura acquistava in tal modo una notevole rigidità. Dal centro della vela partiva un lungo braccio alla cui estremità stava la navicella che ospitava i sensori di guida stellari e solari, la telemetria e quant'altro si fosse reso necessario. Il braccio presentava uno snodo, cosicché la navicella poteva operare come un timone che orientava diversamente le vele e l'intero veicolo. Il progetto della Thales Alenia Space (all'epoca si chiamava Alenia Spazio) pur avendo incontrato numerosi favori, dopo alterne vicende, fu accantonato.

In questi ultimi anni, sia pure a piccoli passi, il nuovo mezzo di locomozione spaziale a "vele solari" sta venendo sempre più alla ribalta, anche grazie ad un comitato costituitosi negli Stati Uniti, legato all'Associazione americana di aeronautica ed astronautica. Quando il comitato nacque, tre decine di anni fa, si era posto un obiettivo am-

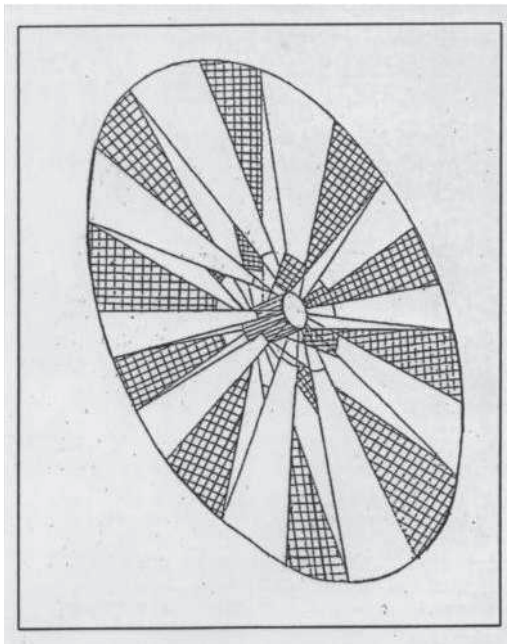


Figura 8
Vela a
"raggi di bicicletta"

bizioso: selezionare il progetto di tre vele solari rappresentanti rispettivamente gli Stati Uniti, l'Europa e L'Asia, da spedire verso Marte.

L'operazione avrebbe dovuto prendere il via nel 1992, proprio per ricordare il cinquecentesimo anniversario della scoperta dell'America e dopo qualche anno di viaggio (fra tre e quattro, a seconda della traiettoria seguita) le vele sarebbero dovute giungere in prossimità del "pianeta rosso". L'iniziativa suscitò grande interesse e numerosi scienziati si misero al lavoro.

Dal Giappone alla Russia, dalla Gran Bretagna agli Stati Uniti, dalla Francia all'Italia si verificò un fiorire di progetti tutti accomunati da una regola ferrea quanto inusitata: ognuno doveva essere autofinanziato e le varie agenzie non potevano essere coinvolte. E ciò allo scopo di accentuare il carattere spontaneo dell'iniziativa, nata e cresciuta grazie alla partecipazione diretta di chi credeva nella grande impresa. Ma proprio questo requisito si rivelò un ostacolo non indifferente. I progetti furono avanzati ed il comitato americano iniziò ad esprimere qualche scelta, tanto che l'idea elaborata dagli esperti del Gruppo Sistemi Spaziali dell'allora Aeritalia (che successivamente avrebbe mutato il suo nome dapprima in Alenia e poi in Thales Alenia Space) capeggiato da Ignazio Barraco venne annunciata come vincente alla rassegna "Space Commerce" di Montreaux, in Svizzera agli inizi del 1990. E così l'11 dicembre 1990 nella Sala Colonne del Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica di Milano, esperti stranieri provenienti dagli Stati Uniti, dall'Unione

Sovietica, dalla Gran Bretagna dalla Francia e dalla Germania illustrarono le ricerche in corso nei rispettivi Paesi. Dal convegno, il primo del genere a livello internazionale che abbia preso in considerazione la nuova tecnologia delle vele solari, uscì una panoramica dettagliata delle conoscenze, dei problemi da affrontare e dei piani futuri. Numerose furono le ipotesi elaborate e prese in considerazione. Dalla soluzione inglese che prevedeva una vela circolare che si chiudeva su sé stessa come un ventaglio, alle più tradizionali che presentavano una superficie piana quadrata. Oltre agli studi sul materiale da impiegare (primo fra tutti il Mylar alluminizzato, ampiamente sperimentato in laboratorio) fu interessante la ricerca sulle strutture da installare nelle vele che facevano ricorso a materiali aventi la caratteristica di irrigidirsi nel cosmo a contatto con un gas che avrebbe indotto una reazione chimica di solidificazione. Molto interessante fu un altro approccio architetture analizzato sia negli USA che in URSS dove erano state disegnate delle vele formate da strisce di Mylar che, come i raggi di una bicicletta, venivano unite in un punto centrale. In questo modo la vela avrebbe assunto durante il volo un movimento rotatorio utile anche per la sua stabilizzazione. In figura 8 è riportato proprio un disegno di una vela di questo tipo.

A tale soluzione si dimostrarono particolarmente legati i russi come riferì Syromiatnikov, responsabile di questo settore di ricerca. Costui avanzò anche l'ipotesi di sperimentare una piccola vela prototipo durante una missione Soyuz. Analoga iniziativa fu sostenuta da Klaus Heiss di Washington, coordinatore del comitato per la spedizione delle vele su Marte, secondo il quale sarebbe stato opportuno prima di una missione impegnativa, collaudare una mini-vela a bordo di un veicolo spaziale, per studiarne il comportamento. Molte erano le idee e tanti i problemi da risolvere ma oggi, a distanza di quasi 30 anni il discorso è stato ripreso con decisione e con grandi motivazioni.

6. Vele per tutte le necessità

Fu Jerome Wright, del Jet Propulsion Laboratory, a concepire per la prima volta la vela solare come un "autobus spaziale" in grado di fare da spola tra i pianeti senza mai fermarsi. Infatti, orientandosi in vari modi e sfruttando l'attrazione gravitazionale dei corpi celesti, le vele potrebbero compiere diverse manovre e viaggiare da un pianeta all'altro lungo tutto il Sistema Solare. "La pressione della luce non potrà mai attirare una vela verso il Sole" ha spiegato Drexler "ma la direzione della sua spinta può essere deviata da una parte all'altra inclinando la vela, mentre la gravità fornisce una costante attrazione. Questa spinta regolabile e questa continua



attrazione si combinano per condurre la vela in qualunque direzione scelta, da qualunque orbita a qualunque altra. In mare, i velieri sfruttano il vento e le correnti; nello spazio sfruttano la luce e la gravità". Una vela potrebbe costare solo pochi milioni di dollari e far risparmiare miliardi in un solo decennio. Nel già citato libro "Starsailing", Friedman ha calcolato che una vela quadrata di 800 metri di lato, o un eliogioco con 12 eliche lunghe 5 chilometri e mezzo, potrebbe trasportare un peso di 6.800 kg (66.681 N) di carico su Venere in 270 giorni, di 5.800 kg (56.875 N) su Marte in 500 giorni, di 1.000 kg (9.806 N) nella Fascia degli Asteroidi in 600 giorni, e di 1.500 kg (14.709 N) rispettivamente su Giove in 900 giorni e su Saturno in 1.700 giorni. Ciò renderebbe le vele solari ideali per lo sfruttamento minerario della Fascia degli Asteroidi, già ipotizzato da numerosi scienziati: secondo Drexler, "il metallo che forma un piccolo asteroide di medie dimensioni contiene probabilmente 1.000 dollari per tonnellata (essendo una tonnellata metrica pari a 9.806 N) di platino, iridio, osmio e palladio, metalli strategici indispensabili".

Altre possibili applicazioni delle vele solari sono ancora più strabilianti: nel 1989 Colin McInnes, dell'Università di Glasgow, ha dimostrato che una vela in orbita intorno ad una stella potrebbe

sfruttare la pressione esercitata dalla luce per eludere le leggi della meccanica celeste. Ad esempio, potrebbe avere lo stesso periodo orbitale di un pianeta e mantenersi in posizione fissa rispetto ad esso, pur seguendo un'orbita più interna. James Early, dei Lawrence Livermore National Laboratories, ha descritto una vela solare del diametro di 2.000 chilometri che, restando ferma tra la Terra ed il Sole, potrebbe farci da ombrello, schermando il 2% della luce in arrivo sul nostro pianeta e neutralizzando quindi il cosiddetto "effetto serra". Uno dei maggiori esperti di vele solari è Robert Forward, ex ricercatore capo degli Hughes Laboratories, ora a riposo. Forward nel 1991 affermò che è possibile usare vele solari per mantenere oggetti in posizione fissa al di sopra della Terra anche se essi non sono in orbita geostazionaria. Dal momento che non sarebbero veri "satelliti", Forward ha coniato per essi il termine "statiti". Sarebbe la pressione della luce a mantenerli immobili mentre la Terra ruoterebbe sotto di essi. Potrebbero quindi essere usati per telecomunicazioni a qualunque latitudine, mentre i comuni satelliti geostazionari devono essere situati lungo l'equatore.

Forward è anche l'unico scienziato che abbia finora ideato vele solari capaci perfino di viaggiare da una stella all'altra, per esplorare il siste-



ma di Proxima Centauri. In teoria, sfruttando la semplice luce solare, una vela potrebbe lasciare il nostro sistema entro due anni alla velocità di 100 chilometri al secondo. Ma poi, negli spazi interstellari, la spinta della luce si esaurirebbe, e si fermerebbe anche l'accelerazione. Per giungere a destinazione con un'accelerazione crescente, occorrerebbe quindi supplire alla mancanza di luce solare puntando sulla vela intensissimi fasci di microonde o raggi laser prodotti da colossali generatori.

Fin dal 1962, Forward aveva descritto questa sua idea in articoli e saggi, e nel 1975 ne parlò addirittura ad un'udienza davanti alla Camera dei Deputati statunitense. In "Project Solar Sail" propose di usare una sonda minuscola, propulsa da microonde per un'osservazione superficiale dei possibili pianeti di Alfa Centauri, e una sonda più grande propulsa da raggi laser per un esame più approfondito. Ecco come veniva descritta la prima, chiamata Starwisp: "L'intera astronave sarebbe costituita da una rete esagonale di maglia metallica del peso di soli 20 grammi. A ciascuna dei 10 trilioni di intersezioni dei fili metallici vi sarebbero minuscoli microcircuiti. Questi chip semintelligenti non solo formerebbero un supercomputer, da 10 trilioni di componenti, ma sarebbero sensibili alla luce e funzionerebbero cioè come minuscole telecamere".

Il sistema propulsivo di Starwisp sarebbe costituito da un fascio di microonde da 20 gigawatt (equivalente a 20.000 centrali nucleari attuali), irradiato da una stazione in orbita intorno alla Terra. Dopo essere stato messo a fuoco da una grande lente il fascio colpirebbe la vela spiegata in un punto oltre l'orbita di Marte. "Accelerando a 115 volte la gravità terrestre, Starwisp

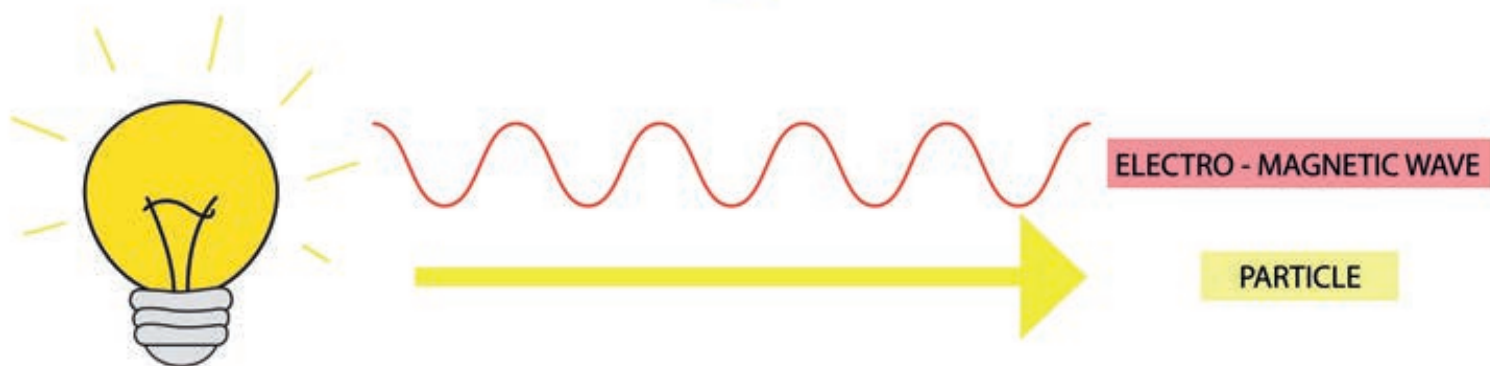
raggiungerebbe 1/5 della velocità della luce (60.000 km/s) in appena una settimana" scrive Forward. Dopo 21 anni, la sonda raggiungerebbe la stella. "Al Voyager 2 ci volle circa una settimana per attraversare il sistema delle lune e degli anelli di Saturno, una distanza di circa 8 milioni di chilometri. Starwisp saetterebbe attraverso il sistema interno di Proxima Centauri (diciamo 9 miliardi di chilometri o il diametro dell'orbita di Nettuno) in appena 40 ore. Durante questo tempo, i suoi chip produrrebbero 25 immagini ad alta risoluzione al secondo".

La seconda sonda più grande è stata battezzata "Starlite" e avrebbe "una vela di diametro di 3,6 chilometri, fatta di una pellicola di alluminio spessa circa 16 nanometri (milionesimi di millimetro). La vela con attaccata la sonda avrebbe una massa di circa 1000 kg (9.806 N). Un laser da 65 gigawatt accelererebbe Starlite al 4% della gravità terrestre. Tre anni di accelerazione continua imprimerebbero a Starlite una velocità pari all'11% di quella della luce. A quel punto la sonda si troverebbe a 0,17 anni luce dal Sole. Starlite raggiungerebbe Proxima Centauri quaranta anni dopo il lancio impiegando due volte più tempo di Starwisp: questo nonostante il fatto che Starlite si servirebbe di un laser tre volte più potente. La differenza naturalmente sta nella massa stessa della sonda: 20 grammi contro i 1.000 chilogrammi. La sonda Starlite, dotata di strumenti più perfezionati potrebbe comunque scoprire pianeti che gli uomini vorrebbero poi visitare di persona. E versioni più grandi di Starlite potrebbero condurli fin lì.

7. Un'idea "sciocca" per un veicolo "interessante"

Sul numero 585 della rivista "Le Scienze" del

Light



Maggio 2017 la divulgatrice scientifica Ann Finkbeiner, specialista in astronomia, ha pubblicato un articolo dal titolo "Verso Alfa Centauri (quasi) alla velocità della luce" in cui si fa il punto della situazione sulla recente iniziativa del miliardario Yuri Milner volta all'invio di uno sciame di sonde verso una delle stelle più vicine di cui si è già parlato nella prima parte di questo articolo. La missione, con l'ausilio di opportuni laser, spingerà "vele a luce" a cui saranno attaccati piccoli chip analoghi a quelli degli smartphone che potranno scattare fotografie, compiere misurazioni e trasmettere dati sulla Terra. In questo articolo l'Autrice esordisce con le seguenti parole: "Nella primavera del 2016 ero ad un ricevimento insieme a Freeman Dyson, il geniale fisico e matematico, allora novantaduenne, professore emerito dell'Institute for Advanced Study a Princeton. È una persona che non dice mai quello che ci si aspetta. La Finkbeiner continua ricordando che quando chiese a Dyson cosa pensasse del progetto di andare su Alfa Centauri, lo scienziato rispose: "Si tratta di un'idea sciocca, ma il veicolo è interessante".

La missione è davvero interessante in quanto anziché il solito razzo, spinto da reazioni chimiche e tanto grande da portare esseri umani o strumenti pesanti, Starshot è una nube di minuscoli chip multifunzione (StarChip) ognuno collegato ad una vela spaziale. La vela deve essere tanto leggera che quando viene colpita da un fascio laser accelera fino ad $1/5$ della velocità della luce nel vuoto. La parte definita "sciocca" è che la missione non sarebbe stata meramente scientifica, in quanto le cose che gli astronomi vogliono sapere sulle stelle, non sono quelle che si possono imparare da un semplice

sorvolo. Nel 2016 non si sapeva con certezza neppure se Alfa Centauri avesse un pianeta, per cui Starshot, quando è stata progettata, non poteva neppure promettere foto ravvicinate di altri mondi. "Non abbiamo pensato molto all'aspetto scientifico" ha ammesso l'astrofisico Ed Turner, della Princeton University che fa parte del comitato di consulenza di Starshot. "Abbiamo dato quasi per scontato che sarebbe emersa della scienza interessante"

Ma nell'agosto 2016 il team di Starshot ha avuto un colpo di fortuna: un consorzio di astronomi europei ha scoperto un pianeta in orbita attorno Proxima Centauri. Di colpo Starshot è divenuto l'unico modo, in un futuro prossimo, per visitare un pianeta in orbita attorno ad una stella che non sia il Sole. La tecnologia di questa sonda si basa su meccanismi noti e non viola nessuna legge della fisica. Yuri Milner, l'imprenditore che sponsorizza anche altri progetti di ricerca, le Breakthrough Initiatives, nonché gli annuali Breakthrough Prize, sta dando una spinta notevole allo sviluppo di Starshot con un capitale di 100 milioni di dollari. Ed ha messo assieme un comitato di consulenza molto attivo per convincere gli scettici, fra cui esperti mondiali di laser, vele, chip, esopianeti, aeronautica e gestione di grandi progetti, più due premi Nobel, l'astronomo reale britannico, eminenti astrofisici ed un gruppo di proventi ingegneri, nonché il Prof. Dyson che, sebbene dica che si tratta di un'idea sciocca, afferma anche che il concetto di una vela sospinta da un laser è degno di essere perseguito e concretizzato. Nel complesso pochi scommetterebbero contro un'operazione che ha dietro tanto denaro, tanti pareri positivi e tanti validi esperti.

A prescindere da quali siano le prospettive future, questo progetto è diverso da qualsiasi missione precedente. "In Starshot è tutto insolito", afferma Joan Johnson-Freese, esperta di questioni spaziali. Gli obiettivi, il modo in cui è finanziato e la struttura gestionale lo distinguono da tutti gli altri progetti di viaggi spaziali. Le aziende spaziali commerciali puntano ai profitti e a missioni con equipaggio all'interno del Sistema Solare. Neppure la NASA ha piani per viaggi interstellari ed è troppo avversa al rischio per imbarcarsi in qualcosa di così incerto. Le sue procedure burocratiche sono sovente lente e ridondanti; e le sue missioni sono alla mercé dell'incoerenza delle approvazioni e dei finanziamenti del Congresso degli Stati Uniti. "La NASA ha bisogno di tempo; un miliardario può farlo e basta" ha sintetizzato l'astronauta Leroy Chiao.

In figura 9 è riportata una foto di Yuri Milner e Mark Zuckerberg che sono i principali finanziatori del progetto in questione.

L'uomo che sta guidando il programma si è sempre ispirato a mete lontane. Yuri Milner è nato a Mosca nel 1961, lo stesso anno in cui Yuri Gagarin divenne il primo uomo nello spazio e sostiene che i suoi genitori, chiamandolo Yuri gli abbiano voluto trasmettere un messaggio, nel senso che lo ritenevano destinato ad andare dove non era mai andato nessuno. E così rivolse la sua attenzione alla fisica. Milner, dopo aver studiato

saggio rivolto ad una civiltà extraterrestre, 100 milioni di dollari per una ricerca più ampia ed accurata di intelligenze aliene, e ora 100 milioni di dollari per la realizzazione di Starshot. All'inizio del 2015 Milner ha reclutato una squadra organizzativa per Starshot, composta da persone conosciute in vari convegni Breakthrough. Il presidente ed il direttore esecutivo del comitato di consulenza di Starshot sono rispettivamente Avi Loeb, presidente del dipartimento di astronomia della Harvard University e Peter Worden, già direttore dell'Ames Research Center della NASA e collaboratore di un progetto DARPA/NASA per un'astronave stellare da lanciare entro cent'anni. Worden ha reclutato Pete Klupar, un ingegnere del settore aerospaziale, che ha lavorato per lui all'Ames come direttore dell'ingegneria di Starshot. Insieme hanno riunito un comitato eccezionale, che comprende esperti delle varie tecnologie necessarie, formalmente disposti a collaborare senza compenso o quasi, e grandi nomi come Mark Zuckerberg e Steve Hawking. Le scelte organizzative di Starshot sembrano puntare ad un equilibrio fra il rigore decisionale gerarchico della NASA e la cultura di Silicon Valley, consistente nel mettere un gruppo di persone molto valide in una stanza, dar loro un obiettivo a lungo termine ed attendere fiduciosamente.

Una volta riuniti, i membri della squadra hanno concordato che si può escludere di mandare esseri umani su Alfa Centauri, perché sarebbe troppo inverosimile e rischioso ed hanno deciso di concentrarsi, almeno per un primo approccio, su una missione senza equipaggio stimata possibile in circa venti anni. Sono tutti d'accordo che il problema principale è la propulsione del veicolo, e così a metà del 2015 i dottorandi di Loeb hanno incominciato a suddividere le opzioni tra impossibili, improbabili e fattibili. A dicembre dello stesso anno hanno ricevuto un articolo di Philip Lubin, fisico della California University a Santa Barbara, intitolato "A Roadmap to Interstellar Flight" ("Un piano per il viaggio interstellare"): la sua proposta era una schiera di laser in fase, ossia un gran numero di piccoli laser uniti insieme in modo che la loro luce si combini in modo coerente in un gran fascio. Il fascio spingerebbe un chip portato da una vela, che dovrebbe viaggiare ad una percentuale ragguardevole della velocità della luce nel vuoto per poter raggiungere un'altra stella entro una ventina d'anni. Sebbene la tecnologia sia ancora immatura per garantire in anticipo il pieno successo della missione, "in sostanza ho consegnato un piano d'azione a Starshot" ha affermato Lubin che è a sua volta entrato a far parte del progetto.

Nel gennaio 2016, Milner, Worden, Klupar, Loeb e Lubin si sono incontrati a casa di Milner nella



Figura 9
Yuri Milner e
Mark Zuckerberg

questa disciplina iniziò dapprima a fare ricerca in cromodinamica quantistica e successivamente si diede agli affari divenendo uno dei primi investitori di Facebook e Twitter e capitalizzando una fortuna pari a circa tre miliardi di dollari, una ricchezza che quattro anni fa gli ha consentito di tornare al suo "primo amore": la ricerca scientifica ed in particolare la fisica e l'astronautica.

Nel 2013 ha istituito i Breakthrough Prize, uno per le scienze della vita, uno per la matematica ed uno per la fisica. E nel 2015 ha dato inizio a quello che definisce il suo hobby, le Breakthrough Initiatives, una sorta di programma di sensibilizzazione inerente all'intero universo: un premio da un milione di dollari per il miglior mes-

Silicon Valley ed hanno elaborato una strategia. “È arrivato Yuri, con un articolo pieno di post-it” ha ricordato Lubin “ed ha cominciato a porre le giuste domande scientifiche ed economiche”. La bellezza di questo insolito approccio è che anziché passare per una lunga procedura di richiesta e stesura di proposte, come avrebbe fatto la NASA, o di preoccuparsi di un profitto, come un'azienda commerciale, la squadra di Starshot era libera di mettere a punto un piano, basandosi semplicemente su ciò che ritenevano meglio. L'unico elemento veramente costoso di Starshot era il laser: le vele e i chip sarebbero stati economici e spendibili. Vele e chip sarebbero stati posti tutti insieme nell'ogiva del lanciatore, spediti al di sopra dell'atmosfera e rilasciati nello spazio uno dopo l'altro (a centinaia o a migliaia) in quantità tali che come per la strategia riproduttiva dei rettili, perderne qualcuno non avrebbe avuto importanza. Ognuno sarebbe stato colpito dal laser e accelerato fino ad un quinto della velocità della luce in pochi minuti. Successivamente il laser si sarebbe spento e ogni chip con la vela avrebbe volato da solo. Una volta giunti alla stella i chip avrebbero inviato una comunicazione alla Terra. “Dieci anni fa non avremmo potuto parlare seriamente di tutto ciò” dice Milner. Ora invece, con i miglioramenti sempre più veloci nei laser e nei chip e l'invenzione e la realizzazione di nuovi materiali nonché dei progressi delle nanotecnologie, “non mancano secoli ma decenni”.

La direzione di Starshot sottopose a revisione l'idea chiedendo ad altri scienziati di identificare eventuali problemi critici, ma nessuno ne trovò. “Vi so dire perché è difficile e costoso, ma non saprei dirvi perché non si possa fare” ha concluso Lubin. Entro l'aprile 2016 la squadra concordava su questo sistema ed il 12 aprile, Milner convocò una conferenza stampa nel piano più alto della nuova Freedom Tower di New York, con filmati, varie animazioni e vari componenti del comitato di consulenza. In quell'occasione veniva annunciata una “barca a vela interstellare” spinta da un vento di luce. I ricercatori hanno trascorso l'estate successiva a mettere a punto ciò che in realtà si sarebbe dovuto fare. In figura 10 è riportata una foto che ritrae Yuri Milner mentre mostra al suo uditorio un prototipo di microchip.

8. StarChip e vele a luce

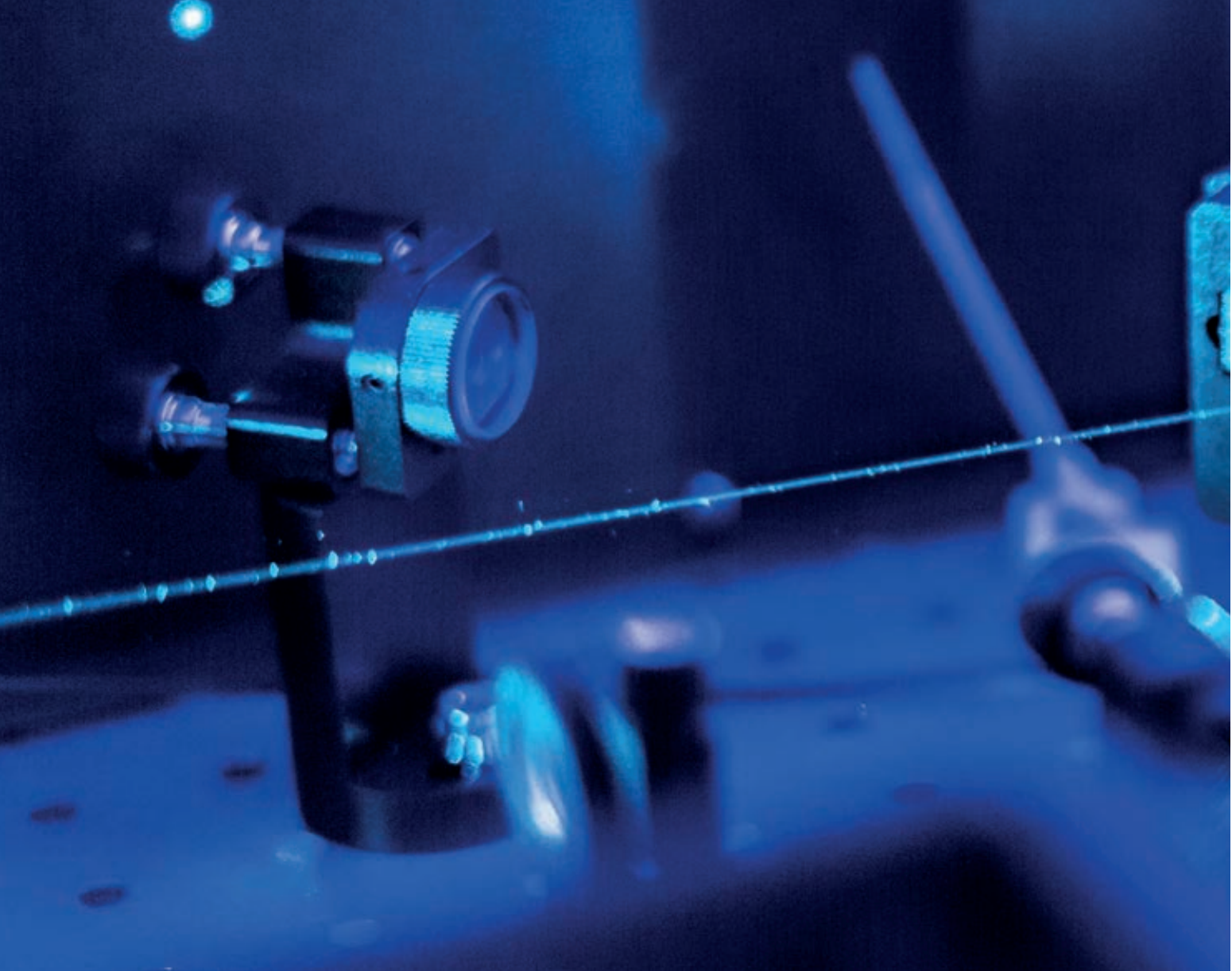
Il gruppo di studio si è presto accorto che benché fattibile tecnicamente, il progetto sarebbe stato tutto in salita. Persino la più semplice delle tecnologie, lo StarChip, pone svariati problemi: deve essere minuscolo, dell'ordine di un grammo (0,0098 newton), ma al tempo stesso in grado di raccogliere ed inviare dati trasportare la propria fonte di energia e sopravvivere al lungo viaggio. Alcuni anni or sono il team dell'ingegner Mason



Figura 10
Yuri Milner
con il microchip

Peck presso la Cornell University costruì i cosiddetti Sprites, chip analoghi a quelli degli smartphone, dotati di sensore di luce, pannelli solari e radio e pesanti 4 grammi (0.039 newton) ciascuno. I chip di Starshot li prenderebbero come modello, ma sarebbero ancora più leggeri (circa un grammo o 0,0098 newton) e dotati di quattro telecamere ciascuno. Per mettere a fuoco, piuttosto che usare pesanti lenti, una possibilità è disporre sul sensore di luce una microscopica griglia detta Planar Fourier Capture Array (PFCA) per scomporre la luce entrante in lunghezze d'onda che poi un computer può ricostruire a qualsiasi profondità focale. Fra gli altri strumenti che sono stati proposti per il chip vi sono uno spettrografo per identificare la chimica dell'atmosfera di un pianeta ed un magnetometro per misurare il campo magnetico di una stella.

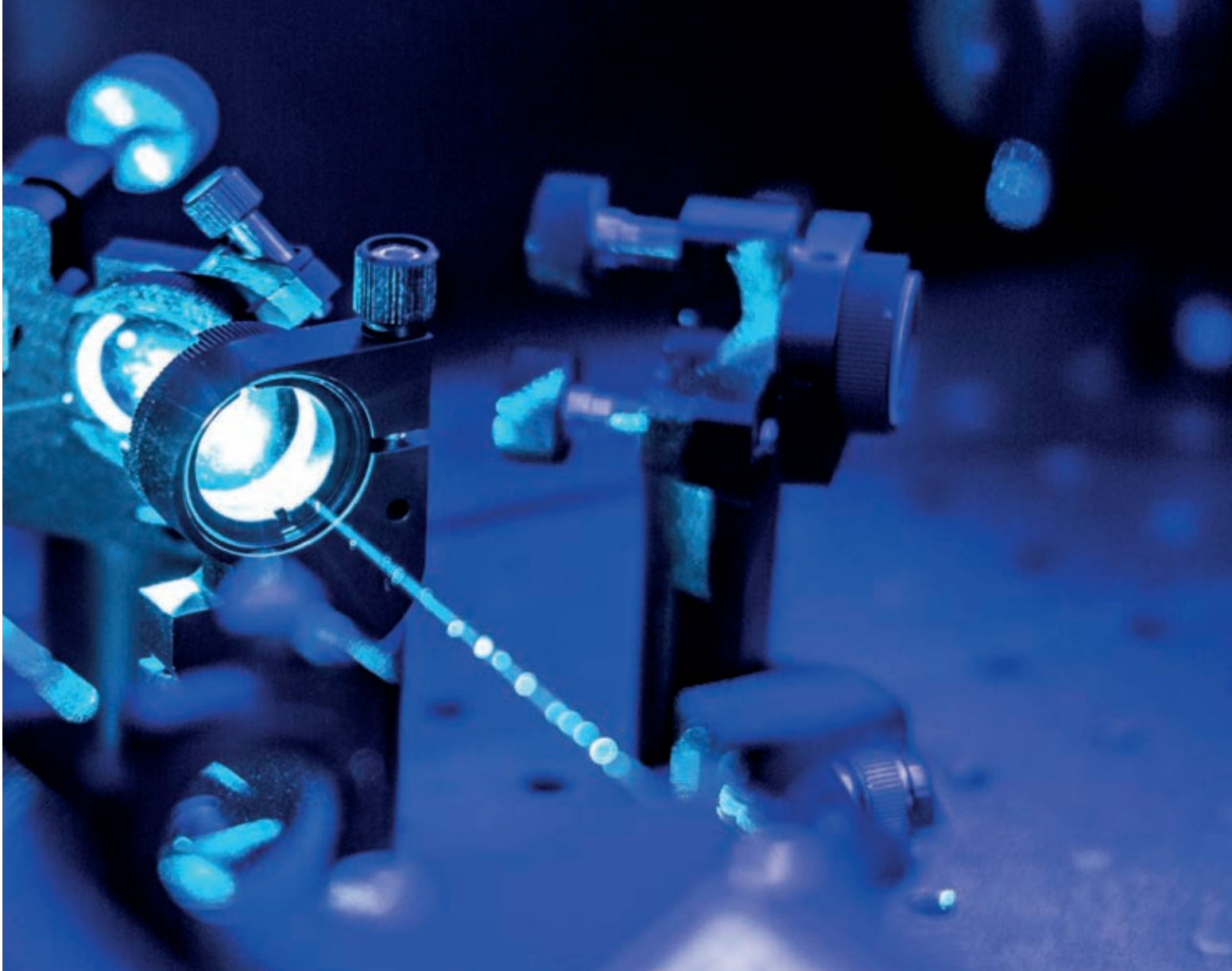
I chip dovranno anche essere in grado di inviare le immagini a distanze interstellari. Attualmente i satelliti usano laser a diodo da un watt per inviare informazioni, ma su distanze più brevi: finora, spiega Peck, la massima distanza è stata quella dalla Luna che è più di 100 milioni di volte più vicina di Alfa Centauri. Per centrare la Terra dalla stella, la mira del laser dovrebbe essere straordinariamente precisa, e comunque, nel corso dei quattro anni di viaggio il segnale si diffonderebbe e si diluirebbe finché giungerebbe sino a noi appena qualche centinaio di fotoni. Una possibile soluzione consisterebbe nell'inviare le immagini con una serie di ritrasmissioni, da uno StarChip ad una serie di altri che gli volano dietro tenendosi a distanze regolari. Far arrivare le informazioni sulla Terra, secondo Zac Manchester “è tuttora un problema veramente difficile”. Inoltre, i chip hanno anche bisogno di pile per far funzionare le telecamere e i computer di bordo in quanto trasmettono dati nel corso dei venti anni di viaggio. Data la distanza di Alfa o di Proxima Centauri ed i pochi watt a disposizione su un piccolo chip, il segnale giungerebbe fino a noi debole, ma a detta di Peck “con fotoni a sufficienza perché il ricevitore di Starshot lo possa rilevare: tuttora non si conosce una fonte di energia che possa funzionare al buio e al freddo, pesi meno di un grammo



e abbia una potenza sufficiente. Sempre a detta di Peck, infatti, l'alimentazione costituisce il problema più serio del chip. Una possibile soluzione sarebbe quella di adattare le minuscole batterie nucleari usate negli impianti medici; un'altra è sfruttare l'energia che la vela acquisisce mentre viaggia attraverso i gas e le polveri del mezzo interstellare e si scalda per attrito. Lo stesso mezzo interstellare potrebbe anche mettere a repentaglio i chip Starshot: è come passare per un fumo di sigaretta estremamente rarefatto, afferma Bruce Draine, astronomo della Princeton University e membro del comitato. Nessuno sa di preciso quanto sia denso il mezzo o di che dimensioni siano i granelli di polvere, per cui è difficile stimare il rischio di una catastrofe. Una collisione a velocità prossima a quella della luce tra gli Starchip e il pulviscolo di qualsiasi dimensione potrebbe provocare danni che vanno da piccoli crateri alla distruzione completa. Se gli StarChip avranno

una superficie di un centimetro quadrato, dice Draine, nel corso del viaggio "ci saranno molte collisioni". Una protezione contro le particelle più piccole può consistere in una copertura di un paio di millimetri di una lega di rame-berillio, ma i granelli di polvere potrebbero ugualmente creare danni catastrofici. Sempre a detta di Peck o il chip sopravvive oppure no, ma con un minimo di fortuna qualcuno delle centinaia o migliaia di chip dello sciame dovrebbe farcela.

La seconda tecnologia più difficile è la vela. Gli StarChip saranno spinti dal contraccolpo della luce riflessa dalle vele, così come il contraccolpo di una pallina da tennis esercita una spinta sulla racchetta. Alla base di tutto ciò vi è il ben noto principio di conservazione della quantità di moto su cui ci si è soffermati nella prima parte dell'articolo, quando si è parlato della fisica delle vele. Più luce viene riflessa, maggiore sarà la spinta e più la vela andrà veloce; per raggiungere il 20%



della velocità della luce, la vela di Starshot dovrà riflettere il 99,999 % della luce. "La luce che non viene riflessa scalda la vela" ha spiegato Geoffrey Landis, del Glenn Research Center della NASA e membro del comitato di consulenza, e date le temperature elevatissime del fascio, se anche una minima percentuale della potenza del laser dovesse scaldare la vela, l'effetto sarebbe catastrofico. A confronto con le vele solari odierne, che usano la luce del Sole per far muovere nel Sistema Solare qualche veicolo sperimentale, la vela che trasporterà il chip dovrà essere molto più leggera, di uno spessore misurato in pochi atomi, cioè, come dice Landis "spessa come una bolla di sapone". Nel 2000 se ne è avuta la migliore approssimazione: Benford usò un fascio di microonde per accelerare una vela composta da un foglio di carbonio. In quell'esperimento raggiunse circa 13 g (cioè 13 volte l'accelerazione di gravità percepita sulla Terra), mentre la vela di

Starshot dovrà sopportare un'accelerazione fino a 60.000 g. La vela, come lo StarChip dovrà anche resistere ai buchi provocati dal mezzo interstellare. Finora non vi sono sul mercato materiali che siano leggeri, robusti, riflettenti e resistenti al calore e che non costino molti milioni di dollari. Uno delle operazioni più ardue del team sarà quella di inventare il materiale per le vele. Sempre riguardo alle vele restano da prendere altre decisioni: esse potranno essere unite al chip mediante cavi o il chip potrà esservi montato direttamente sopra. Inoltre, la vela potrebbe ruotare su sé stessa, in modo da rimanere centrata sul fascio. Dopo l'accelerazione iniziale, essa potrebbe richiudersi come un ombrello per essere meno vulnerabile durante il viaggio e, una volta giunta a destinazione, riaprirsi con una curvatura adatta a fare da telescopio riflettore o antenna per inviare sulla Terra i messaggi del Chip. Secondo Landis "sembra un lavorone ma abbiamo

già risolto vari problemi difficili”.

Eppure, tutte queste difficoltà sono poca cosa a confronto con quelle del fascio di luce che dovrà spingere la vela. L'unico modo in cui Starshot potrà raggiungere una percentuale significativa della velocità della luce sarà con un laser da 100 gigawatt, di potenza non comune. Il Department of Defense statunitense ha prodotto laser anche più potenti, spiega Robert Peterkin, ricercatore capo al Directed Energy Directorate presso il Research Laboratory della U.S. Air Force, ma emettono luce per appena milionesimi o millesimi di milionesimo di secondo, mentre il fascio di Starshot dovrebbe puntare ogni vela per qualche minuto. Per raggiungere una potenza simile per tutto questo tempo, si possono raggruppare piccoli laser in una schiera e regolarne le fasi, in modo che la loro luce, complessivamente, componga un fascio coerente.

Il Department of Defense ha costruito anche schiere di laser in fase, ma con 21 laser insieme in un diametro di non più di 30 centimetri, dice Peterkin, raggiungendo qualche decina di chilowatt, mentre la luce per Starshot avrebbe bisogno di 100 milioni di laser simili sulla scala

del chilowatt, e la schiera si estenderebbe per un chilometro di lato. Inoltre, i 100 milioni di piccoli laser verrebbero deflessi dalla turbolenza dell'atmosfera, ognuno a modo suo. A regime sarà necessario concentrarli tutti insieme su una vela di 4 metri quadrati ad una quota di 60.000 chilometri. “Al momento” dice con un pizzico di ironia Robert Fugate, scienziato in pensione del Directed Energy Directorate e membro del comitato, “regolare le fasi di 100 milioni di laser attraverso la turbolenza atmosferica su un bersaglio dell'ordine dei metri a 60 megametri di distanza mi dà da pensare”. Il laser potrebbe mancare completamente il bersaglio o, più verosimilmente colpirlo in modo asimmetrico, così da farlo ruotare, deviare o uscire dal fascio. Anche in questo caso la squadra di Starshot ha una possibile soluzione, ma che a sua volta comporta alcuni problemi. Una tecnologia detta “ottica adattiva”, già usata nei grandi telescopi elimina le distorsioni create dalla turbolenza atmosferica grazie ad uno specchio flessibile che genera una distorsione uguale ed opposta. Ma questa tecnologia richiederebbe grandi perfezionamenti per funzionare per Starshot: nel caso del fascio anziché uno specchio



adattabile occorrerebbe regolare minuziosamente ogni fibra laser per correggere rispetto all'atmosfera. Nei moderni telescopi le attuali ottiche adattive possono risolvere nel caso migliore un punto ampio 30 millisecondi d'arco. (una misura dell'ampiezza angolare di un oggetto nel cielo), mentre Starshot dovrebbe concentrare il fascio entro 0,3 millisecondi d'arco, impresa in precedenza mai realizzata.

E persino se tutte queste tecnologie disparate e difficili si potessero realizzare, dovrebbero anche funzionare insieme in modo da formare un sistema unico, il che per chi organizza Starshot è come risolvere un puzzle le cui forme sono in evoluzione o ancora non esistono. Worden ha definito questo procedimento "l'arte di programmare ricerca ardua a lungo termine". Il sistema non ha ancora un progetto unico, spiega Kevin Parkin, della Parkin Research, un ingegnere dei sistemi che fa parte del comitato. Per i primi cinque anni, spiega Klupar il piano consiste nel "mietere tecnologie": con la guida dei rispettivi esperti nel comitato, i membri della squadra svolgeranno esperimenti su piccola scala e prepareranno modelli matematici. Hanno iniziato

nell'inverno 2015-2016, esaminando tecnologie esistenti e chiedendo proposte di tecnologie non ancora sviluppate; per la primavera-estate 2017 intendono stipulare piccoli contratti ognuno di un valore da centinaia di migliaia a 1,5 milioni di dollari. Poi arriveranno i prototipi e, ipotizzando che abbiano successo, la costruzione del laser e delle vele potrebbe cominciare alla fine degli anni Trenta con un lancio previsto per la metà degli anni Quaranta. A quel punto probabilmente Starshot sarà costato miliardi di dollari e, se tutto andrà come previsto, avrà collaboratori in strutture pubbliche, laboratori e agenzie spaziali statunitensi, europei ed asiatici. "Presenterò il progetto, e spero che si aggiungano altri collaboratori" ha detto Milner e, citando le comprensibili preoccupazioni per la sicurezza nazionale legate all'installazione di un enorme laser. Ha aggiunto che "se si comincia a fare in segreto una cosa del genere, ci saranno molti punti interrogativi. È importante annunciare apertamente le proprie intenzioni". In figura 11 è mostrato il prototipo di StarChip, della larghezza di 15 millimetri, fotografato in un laboratorio a Mountain View, in California.

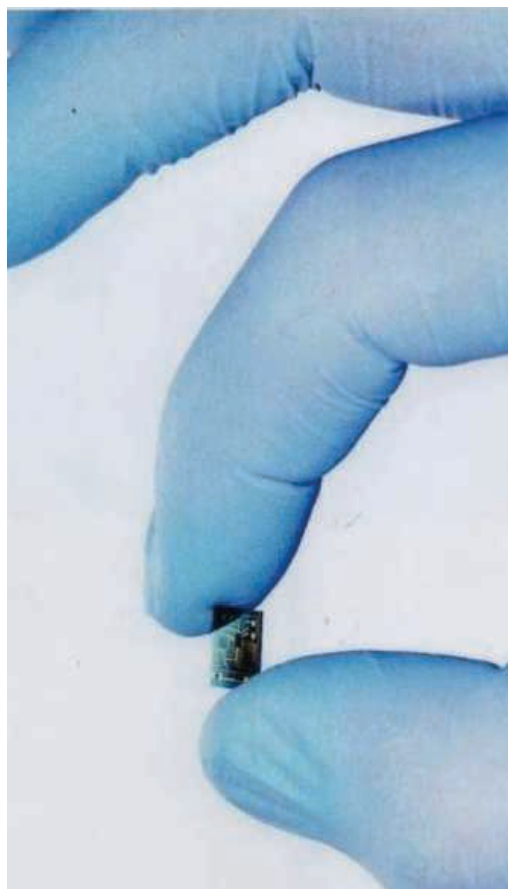
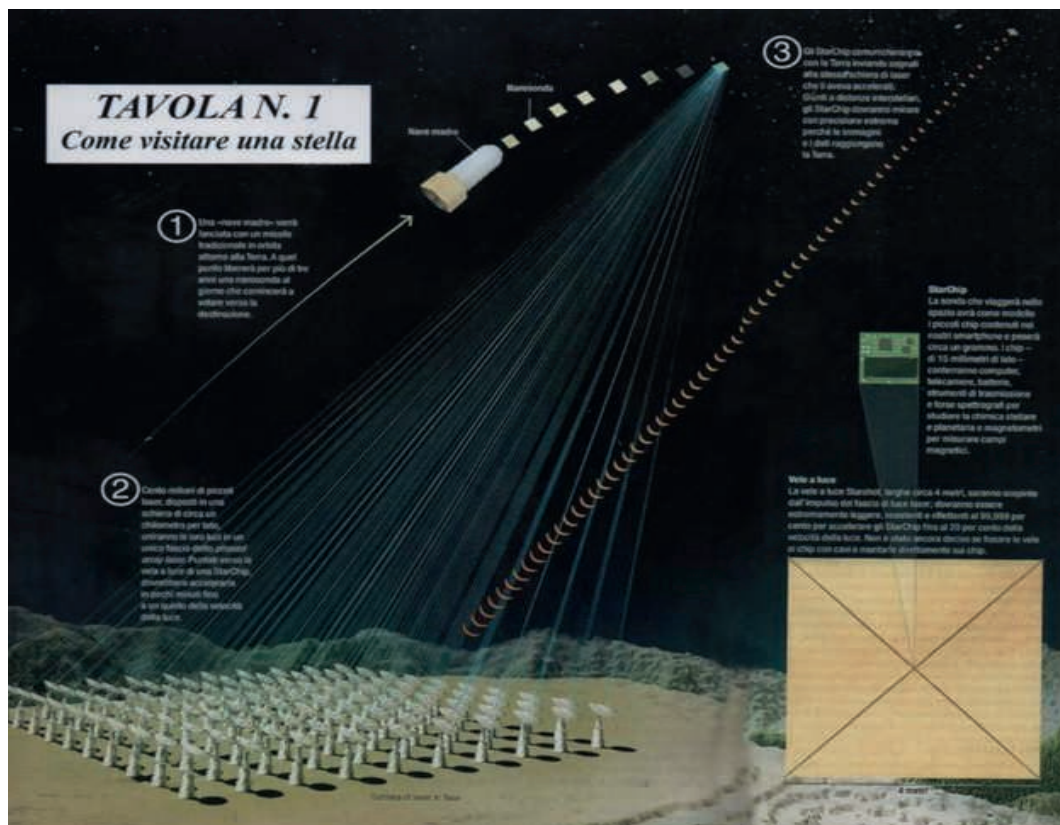


Figura 11
Prototipo di StarChip

Tavola 1
disegno che illustra in
che modo si svolgerà
la missione. In questa
tavola possiamo avere
una "schematizzazione"
grafica di quanto finora
detto a parole.



9. Critiche mosse al progetto e note conclusive

L'iniziativa del Progetto Starshot oltre a numerosissimi consensi ha riscosso anche alcune critiche. È quindi opportuno esaminarle per valutare se sono fondate.

La prima è che i risultati scientifici saranno comunque di scarso interesse e non giustificano i fondi stanziati per una missione del genere. In effetti la sonda verrà accelerata ad una velocità pari ad 1/5 della velocità della luce e poi procederà per inerzia. Non vi è nulla che permetta di rallentarla una volta nelle vicinanze della stella di destinazione per cui attraverserà il sistema di Alfa Centauri in poche ore per poi perdersi nello spazio. Per giunta avrà una manovrabilità molto limitata e quindi non potrà dirigersi verso i pianeti eventualmente scoperti nella fase di avvicinamento al sistema.

Sarà quindi necessario lanciare le sonde su traiettorie che portino in vicinanza dei pianeti già scoperti, il che richiede di conoscere le orbite con notevole precisione. Anche in questo caso il problema può essere in parte risolto lanciando un gran numero di sonde, alcune lanciate verso Proxima Centauri, altre verso Alfa Centauri A ed Alfa Centauri B. Inondando il sistema stellare di microsonde sarà possibile ottenere informazioni

sui corpi già noti al momento del lancio e scoprirne di nuovi.

Sicuramente, il fatto che le sonde non rallentino per entrare nel sistema di destinazione è un handicap, ma l'unica soluzione, proposta da Forward negli anni Ottanta complicherebbe di molto la missione. In figura 12 è riportata un'immagine tratta da un lavoro originale di Forward, in cui si descrive il funzionamento di una vela a tre stadi che sfrutta lo stesso laser posto nel Sistema Solare prima per accelerare e poi per frenare, una volta che il veicolo è giunto a destinazione.

La vela potrebbe anche tornare verso la Terra e quindi frenare una volta rientrata nel Sistema Solare. Nella figura 12 si vede anche una lente: dato che la vela dovrebbe essere spinta dal laser a vari anni luce di distanza (mentre nel progetto Starshot la vela viene accelerata solamente in prossimità della Terra), sarebbe necessaria una lente per mantenere il raggio laser focalizzato a enormi distanze. La complessità del sistema è evidente e certamente sarebbe impensabile usare una vela multistadio nei primi tentativi. È quindi vero che la sonda Starshot rimarrà per poco tempo nel sistema di destinazione e probabilmente non potrà raccogliere informazioni molto dettagliate, ma questa è l'unica possibilità

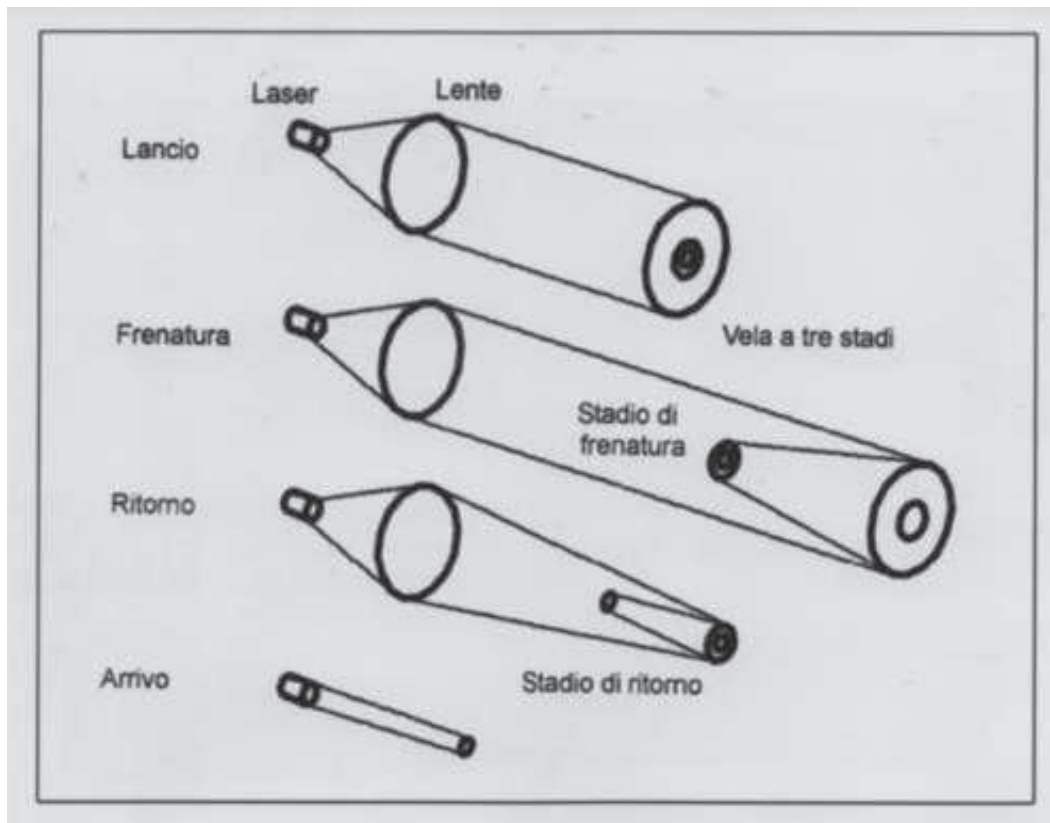


Figura 12
Vela a tre stadi
secondo Forward

di avere informazioni sui pianeti intorno ai sistemi vicini in tempi ragionevoli. Indubbiamente si tratterà di una missione difficile che darà informazioni non molto dettagliate ma è comunque un progresso enorme rispetto alle aspettative di qualche anno fa.

Un'altra obiezione è che dedicare risorse ad una missione interstellare significa ridurre attività di esplorazione spaziale più significative, a breve termine, come l'esplorazione umana della Luna e di Marte (oltre ad un'ulteriore esplorazione robotica del Sistema Solare) che possono portarci ad una vera e propria civiltà interplanetaria. In realtà l'obiezione è sempre meno fondata e ha poco senso nel caso della missione Starshot. Fino ad un passato recente le agenzie spaziali avevano un certo budget da allocare per alcune missioni piuttosto che per altre. Insomma, le varie missioni erano concorrenti ed in lotta per aggiudicarsi le scarse risorse in una logica del tipo "mors tua, vita mea". Se la scelta oggi fosse tra una missione umana su Marte ed il lancio di una sonda interstellare, sicuramente non ci sarebbero dubbi nella scelta della prima, in quanto gli obiettivi da raggiungere per primi sono nel Sistema Solare. Ma gli enti spaziali pubblici, come la NASA, l'ESA, l'ASI, la

JAXA ecc, che avrebbero il sacrosanto dovere di promuovere l'esplorazione spaziale e l'eventuale sbarco umano sui pianeti stanno facendo poco o nulla, probabilmente per colpa dei governi che non stanziavano abbastanza denaro per queste iniziative. Criticare il progetto Starshot avrebbe avuto senso se esso fosse stato preferito ad un'altra iniziativa da un ente spaziale pubblico che utilizza il denaro dei contribuenti. Ma non si dimentichi che il progetto Starshot si basa su fondi privati e quindi non sottrae fondi ad altre attività spaziali. Per giunta pone sfide che produrranno sviluppi tecnologici utilissimi a tutte le attività spaziali (e non solo). Basti pensare alla miniaturizzazione delle sonde e all'utilità delle microsonde nel supporto all'esplorazione umana di Marte o nell'esplorazione dei satelliti di Giove. Oppure alla propulsione con vele laser, che potrà permettere di mandare piccoli oggetti a destinazioni all'interno del Sistema Solare in pochi giorni o addirittura ore. La conoscenza dei sistemi stellari vicini, anche se limitata come quella che si può ottenere con queste prime missioni interstellari, servirà a motivare (ce ne è bisogno!) la ricerca in campo aerospaziale in generale e quindi a facilitare anche l'esplorazione di obiettivi più vicini. È quindi essenzia-

le vedere le varie missioni spaziali in un'ottica globale, il cui fine ultimo è l'espansione umana nello spazio nel Sistema Solare prima ed in altri sistemi poi, senza contrapposizioni atte a creare più danni che benefici.

Bando quindi alle polemiche e considerate tutte le difficoltà di carattere squisitamente tecnico che si frappongono alla realizzazione di questa missione, quali sono le reali probabilità di successo? Esperti di tecnologia non legati a Starshot stimano che non siano molte. Chi ha direttamente a che fare con Starshot è più ottimista ma è anche pragmatico. "Certo che possiamo usare il laser per mandare una sonda su Alfa Centauri" ha detto Greg Matloff, del New York City College of Technology e membro del comitato "ma non saprei se ci arriveremo entro i prossimi venti anni". Manchester di Harvard ha detto: "Ci sono buone probabilità di farlo entro cinquant'anni; ed il 100 per cento di farlo entro un secolo". Fino alla fine di agosto 2016 molti pensavano che Dyson avesse ragione: la tecnologia di Starshot è interessante ma puntare su Alfa Centauri è sciocco. Si tratta di un sistema binario (Alfa Centauri A e B) ed entrambe le stelle sono simili al Sole senza particolari peculiarità. Come spiega Carbonneau, gli astronomi conoscono piuttosto bene le stelle di questo tipo e anche se confrontarne le eruzioni ed i campi magnetici con quelli del Sole può essere utile "quello che impareremmo di fisica stellare andando lassù non vale l'investimento".

Ora che abbiamo scoperto che la vicina di Alfa Centauri ha un pianeta, lo scenario scientifico è più promettente. La stella, Proxima Centauri è di poco più vicina alla Terra ed è una nana rossa, il tipo di stella più comune. Il pianeta Proxima Centauri b è ad una distanza dalla stella che

gli permetterebbe di essere abitabile. Quando è stata annunciata la scoperta, il team di Starshot ha festeggiato con una cena. A lungo termine l'obiettivo generale delle Breakthrough Initiatives è trovare tutti i pianeti vicini, anche se nemmeno la presenza di Proxima Centauri rende ancora Starshot a prova di bomba dal punto di vista scientifico. Il chip potrà riprendere immagini, forse esaminare il campo magnetico del pianeta e magari anche campionarne l'atmosfera, ma farebbe il tutto al volo, in pochi minuti. Ma ciò è pur sempre meglio di niente.

La passione di Milner per il progetto deriva dalla sua speranza che possa unire gli esseri umani nel sentimento di essere un unico pianeta e un'unica specie. Questo spirito è comune ad altre Breakthrough Initiatives, interessate soprattutto a cercare alieni con cui parlare, e con i consistenti investimenti di Milner in Internet e nei social media che hanno cambiato la natura del discorso e della comunità. Ma alla fin fine, lui stesso ammette che il desiderio di andare su una stella non è spiegabile.

James Gunn, professore emerito del dipartimento di scienze astrofisiche di Princeton, che pure ritiene che le probabilità di successo di Starshot siano scarse e che non dà grande valore alle motivazioni scientifiche, dice tuttavia quanto segue: "Sono razionale su quasi tutto, ma non sulle mete lontane dell'umanità. Da quando ero bambino sognavo di andare sulle stelle". Molti componenti del comitato di consulenza la pensano allo stesso modo.

A sintetizzare meglio tutte queste aspirazioni è forse proprio Freeman Dyson. La vela di Starshot sospinta dal laser insieme al suo chip ha senso, dice, e coloro che si occupano del progetto sono gente in gamba e "con i piedi per terra". Ma ritiene che debbano smettere di pensare di andare su Alfa o Proxima Centauri e concentrarsi sull'esplorazione del Sistema Solare, dove gli StarChip potrebbero essere spinti da laser meno potenti e più fattibili e viaggiare a velocità inferiori. "Gli esseri umani sono fatti per esplorare" dichiara "E ci riescono anche bene". Da una parte ritiene che per esplorare l'universo andrebbero inviate "macchine automatiche" e che non ci sia giustificazione scientifica per mandare (almeno in un primo tempo) gli esseri umani (tattica che di fatto già si sta seguendo, dal momento che si stanno inviando ogni anno tante sonde spaziali). Detto ciò, il geniale e imprevedibile Dyson ha aggiunto: "D'altro canto mi piacerebbe davvero andarci!". In figura 13 che chiude l'articolo sono ritratti (da sinistra verso destra) Milner, Hawking e Dyson.

Figura 13

Yuri Milner mostra un prototipo di StarChip ad una conferenza stampa tenuta il 12 aprile 2016 per annunciare la missione, insieme a Steve Hawking e Freeman Dyson, consulenti del progetto.

Il sogno più antico dell'uomo, quello di raggiungere le stelle, forse diventerà una realtà.





Bibliografia

Per quanto concerne i lavori in lingua italiana vi sono alcuni eccellenti articoli apparsi su prestigiose riviste specialistiche. Chiedendo scusa per involontarie ed inevitabili dimenticanze, vengono i seguenti:

- Caprara Giovanni, Vele solari: settant'anni di storia, Rivista "L'astronomia" n.112, luglio 1991;
- Feminò Fabio, Vele solari per regate spaziali, Nuovo Orione.
- Finkbeiner Ann, Verso Alfa Centauri (quasi) alla velocità della luce, Le Scienze n.585, Maggio 2017;
- Genta Giancarlo, Alpha Centauri: una meta possibile? Le Stelle n.161, dicembre 2016
- Guaita Cesare, Proxima b: l'esopianeta più vicino, Nuovo Orione n.294, novembre 2016;
- Lo Campo Antonio, Ecco come conquisteremo Marte e raggiungeremo le stelle, Nuovo Orione n.295, dicembre 2016
- Smith C.M., Astronave umanità, Le Scienze n.535, marzo 2013;

Passando dai lavori in lingua italiana a quelli in lingua inglese, si segnala quanto segue:

- Alpert M., Alpha Centauri or Bust, in "Guest Blog, ScientificAmerican.com", Pubblicato in rete il 13 aprile 2016. <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/alpha-centauri-or-bust>.
- Lubin P., A Roadmap to Interstellar Flight, in "Journal of the British Interplanetary Society", vol.69, pp.40-72, 2016.
- Sito web di Breakthrough Starshot: <http://breakthroughinitiatives.org/Initiative/3>.

Passando dai lavori specifici, riguardanti la conquista di Alfa Centauri, a quelli di carattere più generale, riguardanti la conquista dello spazio, si segnalano i seguenti testi (tutti in lingua italiana):

- Caprara Giovanni, Il libro dei voli spaziali, Vallardi;
- Caprara Giovanni, Era Spaziale, Mondadori;
- Caprara Giovanni, Abitare lo spazio, Mondadori;
- Caprara Giovanni, In viaggio tra le stelle, Boroli Editore;
- Dyson Freeman, Turbare l'universo, Bollati Boringhieri (prima edizione 1981, ristampa 1999);
- Di Leo Carlo, Space Shuttle, IBN, Roma;
- Di Leo Carlo, Dallo Sputnik ai giorni nostri, IBN, Roma;
- Di Leo Carlo, Robot nell'infinito cosmico, IBN, Roma;
- Di Leo Carlo, Una dimora tra le stelle, IBN, Roma;
- Krauss M. Lawrence, La fisica di Star Trek, TEA;
- Krauss M. Lawrence, Oltre Star Trek, Longanesi & C;
- Menichella Mario, Viaggi interstellari, Le nuove tessere, CUEN.

Infine, si segnalano le seguenti opere (alcune in italiano, alcune in inglese):

- Friedman L., Star Sailing, New York, Wiley, 1988;
- Gribbin J., Costruire la macchina del tempo, Roma, Aporie, 1997;
- Macvey J. V., Interstellar Travel, Chelsea, Scarborough House, 1991;
- Mallove E, Matloff G, The Starflight Handbook, New York Wiley, 1989;
- Mauldin J. H., Prospect for Interstellar Travel, San Diego, Univelt, 1992;
- Millis M., Warp Drive, When?, <http://www.lerc.nasa.gov/WWW/PAO/warp.htm>, 1997;
- Millis M., Breakthrough Propulsion Physics Program, <http://www.lerc.nasa.gov/WWW/bpp/>, 1997;
- O'Neill Gerard, Colonie umane nello spazio, Milano Mondadori, 1979;
- Prantzos N., Voyages dans le future, Paris, Editions du Seuil, 1998;
- Richards G. R. Star Travel, Spaceflight, Vol. 38, aprile e giugno 1996;
- Wheeler J. A. Gravità e spazio-tempo, Bologna, Zanichelli, 1993.

Vi è da ricordare infine che tutte (o quasi) le opere citate presentano ampie referenze bibliografiche che possono essere proficuamente consultate.



Obiettivi del Workshop

La nostra società sta diventando sempre più connessa e una quantità enorme di dati è condivisa in tutto il mondo. Il concetto di 'Big Data' è un tema ricorrente. I nuovi satelliti HTS (High Throughput Satellite) utilizzati per le comunicazioni in remote sensing, navigazione e la ricerca scientifica stanno generando un diluvio di informazioni per una varietà di applicazioni. Attualmente, il design dei satelliti ha un modello determinato, basato su tecnologie già esistenti e collaudate come ad esempio le esigenze di carico utile, peso, volume e potenza disponibile. Il ruolo del satellite è sempre stato fondamentale nelle connessioni di Backhauling PP ad alta bit rate, nelle Reti di TLC di Emergenza, nella distribuzione TV o nelle Reti Dati con tecnologie DVB S o DVB S2X e nella copertura Multibeam che ha dato origine ai Satelliti HTS.

L'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ha lanciato un'iniziativa per supportare aziende Europee nella realizzazione di reti 5G basate sull'integrazione di reti terrestri e reti satellitari. L'iniziativa è partita nel 2018 e durerà almeno fino al 2022, si chiama 'Space for 5G' e punterà inizialmente alla sperimentazione di reti ad altissimo potenziale per settori cosiddetti 'verticali', come trasporti, media, entertainment e pubblica sicurezza.

Il problema più grande dell'integrazione con la Rete 5G sembrerebbe la latenza della connessione ma, anche se con satelliti GEO è dell'ordine dei 600 msec per trasmissioni bidirezionali, i satelliti



IL SATELLITE E LE RETI 5G

a cura di

Ing. Giovanni Nicolai

Ing. Antonio Saitto

Ing. Roberto Piermarini

co-autori

Ing. Giovanni Gasbarrone

Ing. Michele Luglio

Ing. Nicola Blefari Melazzi

Ing. Alessandro Vanelli Coralli

Ing. Antonio Franchi

Ing. Alberto Tuozi

Ing. Fortunato Santucci

Ing. Marco Brancati

Ing. Stefano Ciccotti

Ing. Luca Monti

Workshop 3 Luglio

Il Satellite e le Reti 5G

presso ASI Via del Politecnico -Tor Vergata - Roma

organizzato da

Ordine Ingegneri Provincia di Roma e

Agenzia Spaziale Italiana

GEO hanno un ruolo importante in un sistema integrato 5G perchè hanno caratteristiche di vasta copertura e fornitura di alta capacità. I satelliti GEO, infatti, sono utilmente integrati in un'architettura 5G sia per connessioni di backhaul che per applicazioni Multicast che non sono «delay sensitive». I LEO, d'altro canto, presentano una latenza piu' bassa e quindi applicabili per servizi interattivi o che richiedono basso ritardo. Quindi l'integrazione con la Rete 5G, per servizi interattivi con l'utenza, è applicabile a costellazioni di satelliti LEO (tipo Nano o Microsat) il cui ritardo tipico è dell'ordine di 20-30 msec. considerando anche il ritardo dell'elaborazione dei dati.

Il Workshop organizzato dalla Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri Roma con la Collaborazione dell'Agenzia Spaziale Italiana ASI ha fatto incontrare sia il mondo della Ricerca, sia quello dell'Industria che il mondo degli Operatori per approfondire i suddetti temi e analizzare la possibilità che il Satellite possa essere parte integrante della Rete 5G dal momento che la soluzione satellitare fornisce: a) connettività everywhere con caratteristiche diverse al variare della tipologia di satelliti; b) grandi volumi di dati relativi all' osservazione del territorio; c) cybersecurity, grazie alla possibilità di molteplici sistemi di protezione dati; d) resilienza, dato che non dipendono da reti terrestri. Sia la connettività, sia la fornitura di servizi ad alta velocità in vaste aree geografiche, sia il grande volume di dati possono essere integrati e resi fruibili agli utilizzatori tramite la Rete 5G interconnessa con dei Centri Servizio Rete.

1. INTRODUZIONE

L'integrazione della Rete Satellite con quella Terrestre 5G può creare diverse opportunità di Servizio ed Applicazioni mirate all'utenza mobile. Lo schema architetturale di tale rete è costituito da costellazioni di Nano/Micro Sat LEO che sono interconnessi sia con le Gateway Terrestri 5G che con i satelliti GEO o MEO mediante collegamenti ISL (Inter Satellite Link). I dati raccolti dai Nano/Micro Sat possono essere ri-trasmessi verso le gateway terrestri o verso satelliti MEO o GEO via ISL. Si deve evidenziare che il segmento spaziale LEO, con costellazioni a 500-600 Km, è sorgente di dati ad elevato valore aggiunto e che la rete 5G è un'ottima rete di trasporto per questi dati se i Nano/Micro Satelliti sono provvisti di cella 5G a bordo per applicazioni tipo Multicast (Fronthauling). Le Gateway Terrestri possono essere interconnesse a Centri Servizi collegati alla Rete Mobile 5G (vedi Figura 1). I mercati Verticali possono prevedere questa integrazione con la Rete 5G in quanto grossi contenuti di dati (Big Data) potranno essere trasferiti mediante satelliti GEO HTS a terra e messi a disposizione della Rete 5G mediante dei Centri Servizi connessi alla Rete. Questo tipo di servizio non si rivolge all'utenza in quanto la latenza è alta per trasmissioni bidirezionali. L'utente invece potrà anche essere direttamente connesso ai contenuti dei Nano/Micro Sat LEO se provvisti questi LEO di cella 5G a bordo.

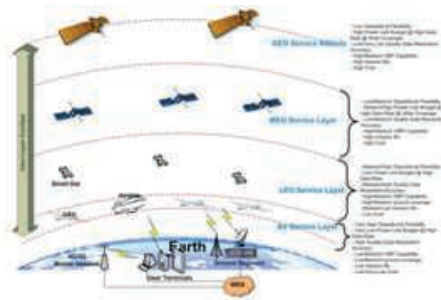


Figura 1
Architettura di Rete
Multi Layer

Le trasmissioni Multicast non sono «Delay Sensitive». I contenuti del Cluster LEO inoltre potranno essere trasferiti mediante l'ecosistema Nano/MicroSat LEO dove l'industria privata, che comprende produttori e lanciatori satellitari come Space X di Elon Musk (60 Nanosat lanciati 2 mesi fa), One Web di Greg Wyler (6 Minisat in orbita) e Virgin Galactica di Richard Branson, è molto attiva.

L'idea di Space X e One Web è spedire in orbita nano/micro satelliti (i primi lanciati a Giugno 2019 e Marzo 2019 rispettivamente) puntando a connettere a internet tutte le scuole del mondo entro il 2025. Nei cinque anni successivi l'obiettivo sarà quello di annullare il cosiddetto digital

divide, fornendo cioè a tutti gli abitanti del pianeta l'accesso alla rete.

Questa Rete Internet si potrà connettere con la Rete 5G sia direttamente verso l'utenza (con cella 5G a bordo) sia verso i Centri Servizi collegati alla Rete Mobile 5G mediante una infrastruttura a terra di stazioni interconnesse.

La Roadmap di integrazione del Satellite nella Rete Terrestre 5G, illustrata in Figura 2, spiega l'importanza e la necessità per il satellite di procedere di pari passo con la Roadmap 5G terrestre.



Figura 2

Road Map di Integrazione Satellite-Rete Terrestre

2. IL RUOLO DELLE TELCO E INDUSTRIA 4.0

I nuovi scenari di investimento e opportunità per gli ingegneri sono legati allo sviluppo delle tecnologie LTE e 5G nel mobile, oltre che nella infrastruttura in fibra ottica e Cloud, con l'affermarsi delle architetture di Software Defined Network nelle reti, la cui sicurezza e resilienza sono al centro degli investimenti. I nuovi business model rispondono alla crescente domanda di mercato per "ultra-broadband-enabled mobile data applications" che sono centrali nei mercati verticali delle industry Finance, Tourism, Public Sector, Automotive, Energy, PA-eDefence.

L'industria delle telecomunicazioni ha fornito tutti i building block delle infrastrutture: rete di accesso a larga banda fissa e mobile, l'infrastruttura core, l'interconnessione e le piattaforme applicative in Cloud. Tutto il processo di trasformazione digitale dipenderà dalla Telecommunication Industry che sta abilitando i cambiamenti anche nell'organizzazione del lavoro come nel caso dello smart working.

Gli operatori tendono a differenziarsi sia nei modelli di business che nei servizi offerti alla clientela business e consumer.

Tutto sta cambiando nell'industria delle TLC con un'accelerazione senza precedenti che si sta concretizzando con il 5G. Il 5G non è solo un'evoluzione dell'attuale 4G - LTE ma si presenta come un salto di paradigma che porterà all'a-

pertura di nuovi scenari e allo sviluppo di servizi e modelli di business nei mercati verticali. Infatti, il 5G, oltre ad aumentare la capacità (evoluzione) modifica completamente la modalità di gestione della rete (rivoluzione) grazie all'applicazione delle tecnologie di softwarizzazione, slice, MEC, virtualizzazione, SDN, ecc.

La nuova rete mobile 5G aumenterà le velocità di connessione integrando più modalità d'accesso, di gran lunga superiori rispetto al 4G, e garantirà tempi di latenza bassissimi, e in considerazione delle alte prestazioni abiliterà la connessione dei dispositivi wireless e dei sensori nell'architettura IOT. La rete 5G è pensata nella sua evoluzione per i nuovi scenari di cyber security offrendo resilienza e mitigando i tentativi di violazione della infrastruttura di telecomunicazione mobile. Con queste caratteristiche il 5G porterà alla nascita di servizi che cambieranno il modo di vivere, produrre, lavorare e muoversi delle persone.

Le telecomunicazioni e il mondo Internet stanno rapidamente convergendo verso uno scenario ALL-IP, in cui servizi, applicazioni e contenuti saranno forniti esclusivamente su reti IP fisse e mobili.

Le reti IP Ultra broadband (UBB) fisse (ad esempio Fiber To The Cab, Fiber To The Distribution point, Fiber To The Home) e mobili (LTE) hanno consentito di aumentare in modo significativo la velocità dell'accesso (cioè il "bit rate" = "velocità" del canale di comunicazione) alla rete IP degli Operatori di telecomunicazione e ad Internet, che, da circa 10 Mb/s per le reti Broad Band, può oggi raggiungere 100-500 Mb/s per le reti UBB.

Quando però si considerano i Servizi Applicativi, cioè i Servizi utilizzati dagli End User (ad esempio browsing, video streaming, file transfer, gaming, servizi cloud), i principali indicatori delle prestazioni (Key Performance Indicators), ossia:

- la velocità dei Servizi Applicativi (il Throughput);
- il tempo necessario per iniziare ad utilizzare un servizio (il Download Time);

non hanno avuto un incremento altrettanto importante.

I nuovi modi di comunicare, di persone e aziende, e l'esplosione delle applicazioni rese disponibili in modo intuitivo tramite il modello degli "app store", causano non solo una continua crescita del traffico dati, ma anche variazioni nel mix delle tipologie di traffico e più stringenti requisiti di qualità end-to-end.

Il processo di trasformazione Industria 4.0 va comunque collocato come un tassello del più generale processo di cambiamento tecnologico che toccherà, settore dopo settore, tutti i segmenti dell'economia: dalla Pubblica Amministrazione all'alimentare e all'energia, dal turismo alla farmaceutica. Un percorso di trasforma-

ne che sarà caratterizzato da un importante processo di deflazione tecnologica, connesso inevitabilmente alla progressiva smaterializzazione dei processi produttivi e dei prodotti.

Dal 2000, l'Europa ha sperimentato una significativa deindustrializzazione. Ad esempio, il contributo della produzione al PIL europeo è diminuito dal 18,5% nel 2000 al 15% nel 2012 e 3,8 milioni di posti di lavoro sono andati persi tra il 2008 e il 2012 in questo settore. (Fonte: World Bank).

L'industria è centrale per l'economia europea. Contribuisce alla prosperità dei cittadini e offre posti di lavoro a 36 milioni di persone – cioè uno su cinque in Europa. In particolare, il settore manifatturiero è estremamente importante per il suo ruolo nel guidare la produttività e l'innovazione.

Oltre l'80% delle esportazioni dell'UE è generato dall'industria (Fonte: Eurostat — Extra-EU trade in manufactured goods — April 2017). La digitalizzazione dell'Industria porta competitività e sviluppo economico, per questo è al centro dei piani d'azione della Comunità Europea.

3. ASPETTI TECNOLOGICI E DI RICERCA

3.1 Il 5G e il pieno uso della componente Satellitare

La Generazione 5G fornisce larghezza di banda più ampia, consumo energetico ridotto e la possibilità di gestire miliardi di connessioni. Le principali prestazioni sono:

- **Fornitura di servizi di elaborazione e archiviazione**, computer distribuito, con processi e applicazioni creati dinamicamente, spostati e cancellati;
- **Esplosione di comunicazioni IoT e M2M**, con effettiva autenticazione, denominazione, indirizzamento, routing e funzioni correlate per un vasto numero e tipologia di terminali;
- **Settori Verticali** con satelliti GEO (Automotive, Industria 4.0, Intrattenimento, Energia e Salute), servizi di trasporto e calcolo come computer distribuiti virtuali sotto SLA complessi;
- **Connettività Estesa** fonia/dati all'utenza con satelliti LEO provvisti di celle 3GPP a bordo di **micro-satelliti**.

Le principali caratteristiche tecniche si possono così riassumere:

- Volume di dati mobili 1000 volte superiore per area geografica;
- da 10 a 100 volte più dispositivi connessi;
- Bit rate dati utente tipica da 10 a 100 volte più alta;
- Consumo energetico 10 volte inferiore;
- Latenza end-to-end inferiore ai 5ms;
- Precisione della posizione inferiore ai 3m;
- Velocità mezzi in movimento fino a 500 km/h;

- Accesso 5G onnipresente, comprese aree a bassa densità;
- Possibilità di personalizzare la Rete per diverse tipologie di Utenti (Network Slicing).

I motivi per utilizzare il Satellite per offrire servizi di telecomunicazioni sono quindi illustrati in Figura 3. Dalla figura si evince che nella futura rete 5G, alla luce dei servizi che ad oggi generano la gran parte del traffico, il satellite può contribuire a fare rispettare i requisiti anche in termini di ritardo.

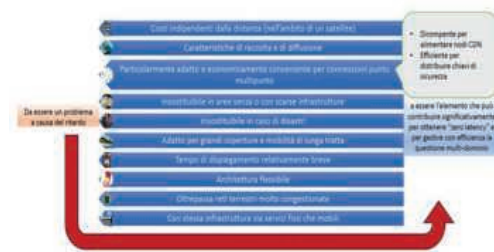


Figura 3
Motivi per Utilizzare il Satellite (fonte corso Internet via Satellite tenuto dal prof. Luglio)

Diversi progetti sono stati sviluppati nell'ambito dei programmi Artes dell'ESA ed in particolare i seguenti sono condotti dall'unità di ricerca dell'Università di Tor Vergata del consorzio Nitel:

- Progetto VIBES: Virtualised Network Functions (VNFs) for Broadband Satellite Networks;
- Progetto SHINE: Secure Hybrid In Network Environment;

al fine di dimostrare la fattibilità di realizzazione della tecnologia radio terrestre 3GPP anche su satellite con i seguenti scopi:

- Sviluppare un dimostratore da utilizzare per validare l'uso della componente satellitare nella rete 5G;
- Dimostrare l'adattamento agli scenari satellite della tecnologia 3GPP dei sistemi 5G con le piattaforme HW e SW sviluppate per la rete terrestre.

3.2 Standardizzazione 3GPP NR NTN

In merito alla standardizzazione 3GPP in ambito ITU per i Nuovi Standard Radio NR che comprendano il satellite la situazione è quella illustrata in Figura 4 dove si vede che il completamento della sperimentazione della Release 17 relativa ai "New Radio Components" quali le "Non Terrestrial Network **NTN**" che comprendono il Satellite è prevista per la fine del 2020 mentre la standardizzazione per la fine del 2021. Questa criticità dovrà essere affrontata industrialmente in modo adeguato affinché le piattaforme HW e SW 3GPP per le Reti NTN siano pronte per la fine del 2020.

Le Reti Non Terrestri NTN previste per la suddetta standardizzazione sono quelle mostrate in Figura 5.

Le possibili architetture del 3GPP NR NTN sono quelle mostrate in Figura 6 per un payload trasparente e in Figura 7 per un payload rigenerativo.



Figura 4
Stato della Sperimentazione 3GPP NTN in ITU

Platform	Altitude range	Orbit
Low-Earth Orbit (LEO) satellite	300 - 1500 km	Circular around the earth
Medium-Earth Orbit (MEO) satellite	7000 - 23000 km	
Geostationary Earth Orbit (GEO) satellite	35 786 km	Fixed in terms of elevation/azimuth with respect to a given earth point
UAS platform (including HAPS)	8 - 50 km (20 km for HAPS)	

Figura 5
Reti Non Terrestri previste nello standard

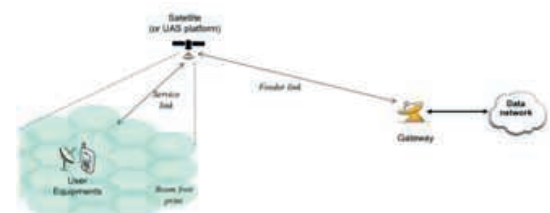


Figura 6
Architettura 3GPP NR NTN per Payload Trasparente (fonte Unibo)

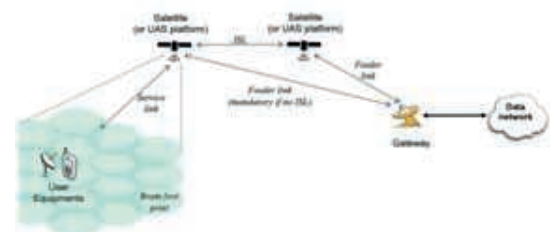


Figura 7
Architettura 3GPP NR NTN per Payload Rigenerativo (fonte Unibo)

4. PROGRAMMI E PROGETTI INTERNAZIONALI

4.1 Piano Strategico dell' European Space Agency (ESA) sullo sviluppo del 5G su satellite

Con l'Integrazione del Satellite e in genere delle Reti NTN, il 5G fornirà una connettività tale da abilitare le piattaforme digitali a raccogliere e distribuire dati da molteplici sorgenti, dovunque (vedi Figura 8).

Lo Spazio quindi è una parte importante della connettività 5G poiché fornisce i seguenti aspetti chiave :

- Copertura completa;
- Alta velocità dei dati;
- Capacità;
- Resilienza;
- Sicurezza.



Figura 8
Connettività Satellite nel 5G

È quindi importante una forte integrazione tra tutti i player del mercato 5G come mostrato in Figura 9.



Figura 9
Player del Mercato 5G (fonte ESA)

Il piano strategico dell'ESA per lo sviluppo del 5G esteso al Satellite e alle Reti NTN è quello illustrato nella Figura 10 per la fornitura dei seguenti principali servizi con lo Sviluppo di Tecnologia, Applicazioni e Prove Pilota.

5G Use	Activity Name	Flagship Missions
1	PRO Promote 5G	1 Maritime
2	GTB Global 5G Testbeds	2 Aviation
3	TEC Fundamental 5G technology Devs	3 Autonomous Vehicles
4	TM 5G Techno Missions	4 Public Safety
5	SM 5G Service Missions	5 High Speed Trains
6	BA 5G Business Applications	6 Media and Broadcasting
7	RP 5G Regional Partnerships	7 Sunrise Phase 2
8	IRS Institutions/Regulation/Standards	8 LEO 5G
		9 GEO 5G
		10 Global Testbeds and Ground Segment

Figura 10
Piano Strategico dell'ESA

Sono stati individuati più di 10 settori per la creazione di programmi flagships che sviluppino reti integrate 5G e forniscano molteplici applicazioni in ciascun settore. Tra questi settori, aperti a tutte le industrie negli Stati Membri ESA, l'Italia ha già dimostrato interesse nei seguenti settori:

- Servizio Marittimo (vedi Figura 11): discussioni in corso con operatori marittimi TIM;
- Servizio per Treni ad Alta Velocità (vedi Figura 12): discussioni in corso con Telespazio, TIM, RFI;
- Media and Broadcasting (vedi Figura 13): discussioni in corso con Telespazio, RAI, EBU.

Al momento ESA ha avviato iniziative per la sperimentazione in alcune città italiane per applicazioni 5G integrate allo Spazio:

- Cooperazione con Roma Capitale;
- Cooperazione con la città dell'Aquila.

A riguardo verranno emessi ad ottobre 2019 dei bandi Artes per lo sviluppo delle applicazioni nelle le suddette città italiane.

L'iniziativa ESA Space for 5G intende supportare lo sviluppo di reti satellitari integrate, sviluppo di tecnologie 5G satellitari, prodotti e terminali utenti per la fornitura di servizi 5G, supportare la standardizzazioni di reti NTN nello standard 5G e una serie di dimostrazioni di servizi e applicazioni in tutti i mercati verticali 5G di interesse.

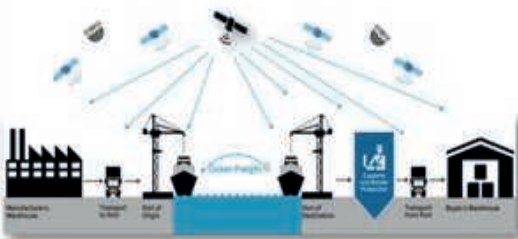


Figura 11
Servizio Marittimo



In merito alla Latenza, che potrebbe essere critica per alcuni servizi interattivi su satelliti GEO, le Costellazioni di nano/micro satelliti LEO o VLEO potranno fornire una bassa latenza per servizi interattivi fonia dati. In tal modo molte tipologie

Inoltre, il Software Defined Radio (SDR) e la Network Function Virtualization (NFV) sono le tecnologie chiave per supportare facilmente l'integrazione del Satellite nel dominio 5G.

Figura 14
Tipologie di Servizi 5G su satellite

- **L'Identificazione di "Centri di eccellenza"**
(quali p.e. l'Università dell'Aquila) e l'iniziati-

va specifica del 5G, è essenziale per migliorare la collaborazione tra industria e centri di ricerca;

- **La Cooperazione** con le principali parti interessate dei futuri servizi 5G/satellitari utilizzando i banchi di prova (ferrovia, strada, UAV, patrimonio culturale, smartcity).

L'ASI accoglie con favore le iniziative dell'ESA sul 5G e incoraggia gli scambi e il coordinamento a livello europeo e internazionale così come è pronto a supportare e collaborare a livello di ESA (programma strategico Line 5G Artes) e a livello UE per iniziative volte a promuovere i servizi spaziali pienamente integrati all'interno del dominio 5G soprattutto per i seguenti aspetti:

- La miscelazione di informazioni da GNSS / 5G ideale per un posizionamento robusto / preciso in ambienti difficili come canyon urbani;
- Le comunicazioni via satellite e la navigazione che svolgono un ruolo importante per i futuri sistemi di trasporto cooperativo e intelligente.

4.3 Opportunità di sviluppo mediante tecnologie satellitari e 5G nel contesto di sperimentazione dell'Aquila

L'Università e le istituzioni locali hanno promosso con successo L'Aquila come una delle 5 città selezionate dal MiSE per le prove del 5G in Italia per i seguenti progetti:

- INCIPICT per il patrimonio culturale e il monitoraggio strutturale di edifici e infrastrutture (vedi Figura 15);
- EMERGE per Sistemi di trasporto intelligenti (vedi Figura 16).

Le applicazioni pilota INCIPICT guidate dall'Università dell'Aquila sono:

- Monitoraggio dello stato strutturale - Acquisizione dei dati dei sensori attraverso l'IoT - Estrazione delle informazioni sugli edifici;
- Gestione energetica dell'edificio - Approccio basato sui dati applicato all'automazione e al controllo dell'edificio;
- ICT per i beni culturali - Applicazioni di realtà aumentata e realtà virtuale basate su dispositivi mobili e Tecniche di modellazione 3D con Fruizione dei contenuti personalizzata e contestualizzata.

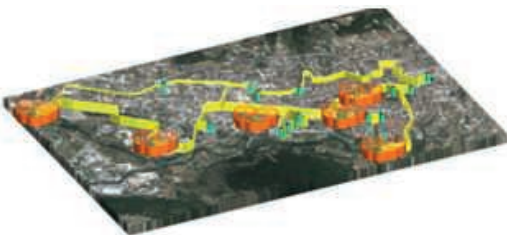


Figura 15
Copertura Wireless INCIPICT dell'Aquila (fonte Univaq)

Gli obiettivi del progetto **EMERGE** (i partners del progetto sono Radiolabs, Leonardo, Tele-spazio ed Elital) guidato da Radiolabs sono:

- Impiegare un'infrastruttura a banda larga 5G per sperimentazione di sistemi di mobilità evoluta in ambiente cittadino;
- Coordinarsi con la sperimentazione 5G pre-commerciale in corso per consolidare ed estendere gli ambienti di test nel medio e lungo termine;
- Utilizzare una Flotta di veicoli commerciali leggeri con l'obiettivo di realizzare sistemi di guida automatizzati;
- Valorizzare il ruolo rilevante delle tecnologie satellitari integrate per la localizzazione e la comunicazione.

Recentemente, a inizio Luglio 2019, è stato siglato un accordo tra ESA e la Città dell'Aquila per lo sviluppo di applicazioni 5G su satellite.

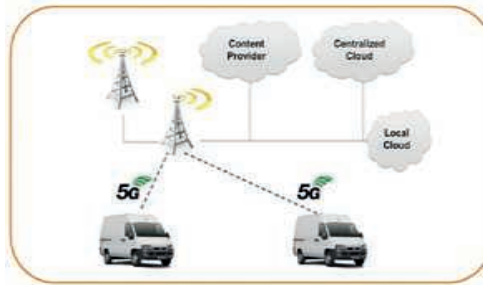


Figura 16
Progetto Emerge (fonte Univaq)

5. IL PUNTO DI VISTA DEGLI OPERATORI

5.1 Strategie RAI per il 5G

La **RAI** per la rete 5G prevede un utilizzo massiccio del satellite per i servizi di broadcast multimediale o Multicast (delivery IP End to End) in quanto il satellite fornisce sia una copertura completa sia un'eccellente sistema di ridondanza.

Inoltre, il satellite potrebbe essere utile impiegato nel deployment rapido di reti CDN, in particolare in aree periferiche o verso sistemi complessi di mobilità.

Quindi la RAI ipotizza una rete flessibile a larga copertura capace di soddisfare le richieste sempre maggiori di alta qualità e larghezza di banda (vedi Figura 17).

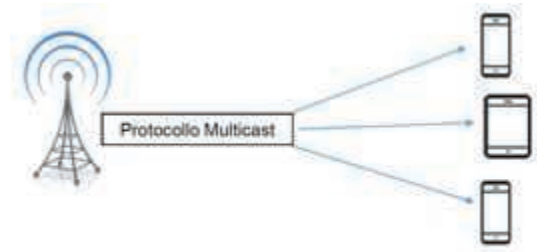


Figura 20
Sperimentazione RAI 24/06/2019 a Torino per
servizi Multicast su 5G (fonte RAI)

5.2 La Visione Telespazio su Satellite e 5G

Multisite Broadcast & Multicast Services

- SD-WAN LINK PEAK DATA RATES > 25Gbps
- LARGER NETWORK CAPACITIES > 2048M Connections
- LATENCY < 5ms
- Large Coverage Areas
- 5G in Content Production & Deployment
- Free to Air Linear TV without SIM cards
- Predictable and sustained QoS and QoE
- Flexible Use of Network Capacity (incluso 100% Broadcast)

Figure 1 is a scatter plot illustrating the relationship between delay (Y-axis, logarithmic scale from 1,000ms to 1ms) and bandwidth (X-axis, logarithmic scale from <1 Mbps to >1 Gbps) for various applications. The plot is divided into four quadrants by a vertical line at 10 Mbps and a horizontal line at 10ms. The legend indicates four categories: Fixed (blue), Nomadic (green), On the go (yellow), and M2M connectivity (white). The legend also indicates the network type: Fixed (blue), Nomadic (green), On the go (yellow), and M2M connectivity (white).

Application	Category	Network Type	Approx. Delay (ms)	Approx. Bandwidth (Mbps)
Automotive accident	On the go	Fixed	100	1
Disaster alert	On the go	Fixed	10	1
Monitoring sensor networks	Fixed	Fixed	1,000	1
Device remote controlling	Fixed	Fixed	100	1
Personal cloud	Nomadic	Nomadic	1,000	10
Video streaming	Nomadic	Nomadic	1,000	10
Real time gaming	Nomadic	Nomadic	10	10
Autonomous driving	On the go	Fixed	1	10
Augmented reality	On the go	Fixed	1	100
Virtual reality	Nomadic	Nomadic	1	100
Tactile internet	Nomadic	Nomadic	1	100
Multi-person video call	Nomadic	Nomadic	1	100
Bi-directional remote controlling	Fixed	Fixed	100	100
First responder connectivity	On the go	Fixed	100	100
Wireless cloud based office	On the go	Fixed	1,000	1,000

Figura 21
Requisiti Larghezza di Banda e Latenza nel 5G
(fonte Telespazio)

L'**IoT critico** richiede il 5G, a causa della necessaria connettività superveloce. Queste applicazioni, che potrebbero includere veicoli autonomi o controllo in tempo reale di operazioni remote, non tollerano un'elevata latenza. L'**IoT a banda larga** si rivolge a una vasta gamma di casi d'uso in crescita nei dispositivi automobilistici, droni, realtà aumentata e realtà virtuale (AR / VR) e dispositivi indossabili avanzati. L'**IoT di automazione industriale** è il fattore chiave per la completa digitalizzazione di Industry 4.0 per i produttori mondiali.

Nel 5G gli **Operatori di Telecomunicazioni** si evolveranno per assumere ruoli più elevati nella catena del valore oltre la connettività perché il 5G costituisce il passaggio dalla connettività ad un nuovo Eco Sistema (vedi Figura 22).



Figura 22
Eco Sistema 5G

In questo Eco Sistema 5G il satellite è l'elemento chiave per la connettività globale. Infatti, il Digital Divide senza il Satellite peggiorerà nelle aree rurali, montane e poco sviluppate non servite dal 5G. Solo il 37% della popolazione globale usufruirà del 5G senza il satellite.

Le famiglie Satelliti (vedi Figura 23) che saranno utilizzate per il 5G sono:

- Trasmissione satellitare IP GEO: trasmissione 5G per emittenti;
- Satellite IP GEO per CDN, IOT a medio bassa latenza;
- Costellazioni satellitari IP LEO per controllo e IOT a bassa latenza;
- Costellazione satellitare IP LEO per latenza molto bassa e connettività a banda larga.

Le Infrastrutture satellitari a terra per 5G saranno:

- Teleporti satellitare per interconnessioni backbone 5G;
- Punti Satellite Edge integrati con le infrastrutture Tower esistenti;
- Terminali satellitari a bordo di mezzi mobili (treni, automobili, navi, aerei);
- Aree remote che eseguono il backhaul delle stazioni satellitari.

La rivoluzione tecnologica ha permesso costi sempre più bassi e larghezze di banda sempre superiori nella realizzazione dei nuovi satelliti, sia essi GEO che costellazioni LEO e VLEO, che potranno essere integrati nella rete 5G per fornire una copertura globale.

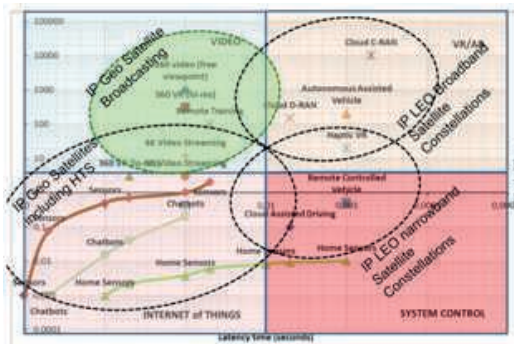


Figura 23
Famiglie Satelliti per il 5G (fonte Telespazio)

Oggi i Servizi offerti da Telespazio su Satellite sono quelli mostrati in Figura 24.

Questi servizi possono essere integrati nella rete 5G su satellite e diverranno sempre più diffusi. Lo scenario futuro dei servizi 5G sia di broadcast che Multicast IP prolifererà enormemente. Nel campo del trasporto autonomo, lo scenario sarà quello mostrato in Figura 25.

Per Telespazio l'integrazione satellitare e la progettazione della rete satellitare devono soddisfare i requisiti dell'interfaccia di rete virtuale 5G per essere pienamente considerati parte dell'architettura 5G. Questo sforzo deve andare in parallelo all'evoluzione della rete terrestre.

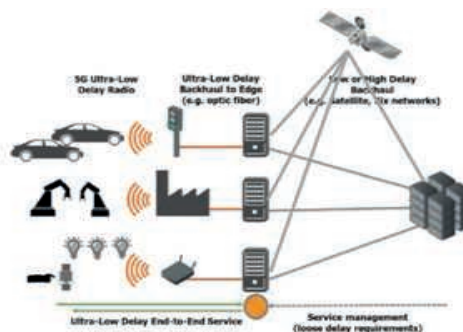


Figura 24
Servizi Satellite operati da Telespazio oggi (fonte Telespazio)



Figura 25
Scenario servizi 5G di Trasporto Autonomo (fonte Telespazio)

5.3 Road Map di Wind Tre su Satellite e 5G

Gli organismi di standardizzazione stanno riconoscendo che le reti satellitari possono giocare un ruolo significativo nell'ecosistema 5G per le applicazioni industriali e per le soluzioni "mission critical" fornendo:

- Mobilità, ridondanza e connettività agli utenti a bordo di veicoli in movimento (ad es. aerei, treni e navi);
- Copertura globale a complemento della copertura terrestre wireless;
- Connettività backhaul ad alta capacità e contenuti multicast dati/multimedia per un gran numero di server Edge 5G, tramite i satelliti ad alta capacità HTS (High Throughput Satellite) con una efficienza sui costi.

Nella Rete 5G i servizi avranno un forte incremento sia nelle applicazioni IoT che nelle applicazioni per servizi professionali (vedi Figura 26).

In base alla partecipazione ad alcuni programmi di sperimentazione in area 5G-PPP (nello specifico 5GESSENCE - Grant Agreement No.761592), le principali tipologie di Servizio che Wind Tre prevede su satellite sono:

- Mission Critical - Public Safety Applications (vedi Figura 27);
- Integrated In-flight Connectivity & Entertainment Systems (vedi Figura 28).

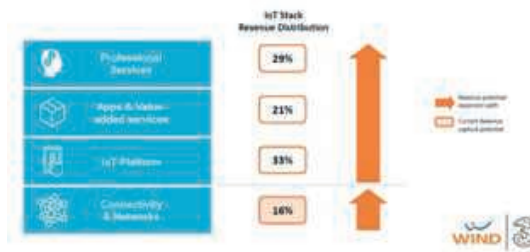


Figura 26
Incremento Servizi (fonte Wind Tre)

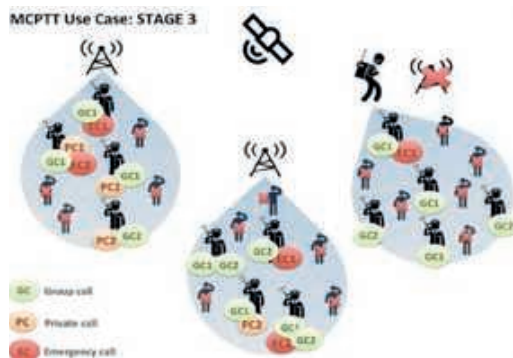


Figura 27
Servizi Mission Critical (fonte Wind Tre)

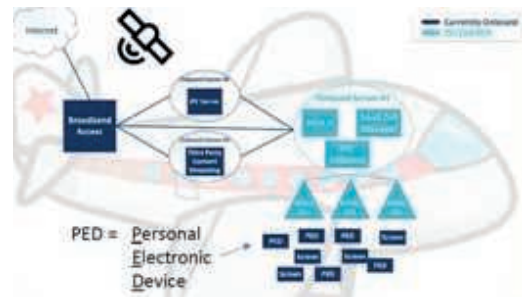


Figura 28
Servizi In-flight Connectivity & Entertainment (fonte Wind Tre)

6. CONCLUSIONI DEL CONVEGNO

Il Workshop è stato ricco di contenuti in quanto la **Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri della Provincia di Roma** (in collaborazione con Agenzia Spaziale Italiana) ha fatto incontrare sia gli Enti di Ricerca, sia le Agenzie Spaziali che gli Operatori mobili del settore.

È stato ribadito da più oratori che nell'era 5G il Satellite non è soltanto un contenitore di contenuti (Gap Filler) ma fornisce un significativo contributo alla definizione e realizzazione di Slice di Rete (Network Slicing) per accomodare simultaneamente, sopra una infrastruttura di Rete Comune, una larga varietà di servizi che potranno essere richiesti.

In merito alla Latenza, critica per satelliti GEO, il Satellite mediante Costellazioni di piccoli satelliti (small, nano, micro) LEO o VLEO potrà fornire una bassa latenza per servizi interattivi fonia dati con o senza cella 3GPP a bordo. Una serie di architetture sono proposte per la realizzazioni di sistemi satellitari 5G integrati a reti 5G terrestri. In tal modo molte tipologie di servizio 5G possono essere efficacemente supportate dal satellite.

Il Satellite nella rete 5G avrà quindi le seguenti caratteristiche:

- Elemento chiave per l'ottimizzazione della architettura di Rete 5G incentrata sulle persone;
- Fornitore di una Copertura Globale estesa a tutta la popolazione e non solo ai grandi centri urbani;
- Punto cardine per contribuire all'evoluzione della rete di connettività verso l'ecosistema 5G;
- Fornitore privilegiato per i servizi di broadcast multimediale o Multicast (delivery IP End to End) di alta qualità e larghezza di banda;
- Unico Fornitore di copertura globale ed eccellente sistema di ridondanza.

Diverse sperimentazioni sono in corso in Italia per l'integrazione tra la Rete Terrestre e i Satelliti, il cui ruolo non è confinato a semplice realtà di nicchia. Con l'avvento di costellazioni LEO e VLEO, infatti, il Satellite estenderà le potenzialità del 5G, con coperture globali e flessibili, sia per i servizi di tipo verticale sia in generale e consentirà di fornire connettività Internet ovunque. Ne sono esempio gli imprenditori privati che con il Sistema Space X di Elon Musk (60 Nanosat lanciati a giugno 2019), il Sistema One Web

di Greg Wyler (6 Minisat in orbita) e il Sistema di Virgin Galactica forniranno un servizio Internet globale a tutta la popolazione.

L'ESA sta agendo da catalizzatore dell'industria satellitare nel supportare programmi, sviluppi tecnologici, di servizi e applicazioni che utilizzino reti 5G integrate. La digitalizzazione dell'industria e la conseguente connettività ubiquita richiesta non può prescindere da reti satellitari integrate a reti terrestri per la fornitura di servizi 5G.









Evoluzione delle Infrastrutture TELCO verso il 5G e Industria 4.0

a cura di Ing. Giovanni Gasbarrone

La sempre maggiore disponibilità di piattaforme tecnologiche in un'ottica di convergenza tra Mobile, Intelligenza artificiale, Cloud, Big Data/Analytics sta drammaticamente cambiando il modo in cui noi viviamo, lavoriamo, ed interagiamo. Questo trend si colloca nella Quarta Rivoluzione Industriale, denominata "Industria 4.0". L'industria delle Telecomunicazioni sta giocando un ruolo cruciale nell'abilitare questa trasformazione digitale che sta interessando tutti i mercati verticali (Finance, Automotive, Public Sector, Healthcare...).

L'industria delle Telecomunicazioni ha fornito tutti i building blocks delle infrastrutture: rete di accesso a larga banda fissa e mobile, l'infrastruttura core, l'interconnessione e le piattaforme applicative in Cloud. Tutto il processo di trasformazione digitale dipenderà dalla Telecommunication Industry che sta abilitando i cambiamenti anche nell'organizzazione del lavoro come nel caso dello smart working. Gli operatori tendono a differenziarsi sia nei modelli di business che nei servizi offerti alla clientela Business e Consumer.

Tuttavia, nonostante il ruolo svolto dalla Telecommunication Industry sia fondamentale nell'accelerazione della trasformazione digitale nei processi di business, non troviamo un analogo vantaggio con un significativo riscontro nell'aumento di valore per gli operatori Telco che hanno contribuito a questo sviluppo.

Questo nonostante nuovi investimenti nelle reti e nell'innovazione nelle infrastrutture. Più le performance degli operatori Telco si avvicinano grazie a reti più performanti e più è difficile distinguersi, portando quindi l'industria a ricercare nuovi modelli di business e a soddisfare le esigenze dei clienti attraverso l'innovazione.

Un'esplosione di servizi che non genera tuttavia una crescita di benefici altrettanto significativa per gli operatori di Telecomunicazioni causata dalla migrazione dei ricavi dagli operatori Telco agli Over the Top. Assistiamo così a modelli di business in rapida evoluzione, ad un salto di paradigma nella tecnologia con infrastrutture al IP e SDN, e alla convergenza di piattaforme Cloud, Mobile, Social e Big Data. Tutto sta cambiando nell'industria delle telecomunicazioni con un'accelerazione senza precedenti che si sta concretizzando con il 5G.

Al riguardo un articolo è stato pubblicato sulla rivista IoRoma sul 5G Business Modelling di cui è possibile avere una sintesi sul sito:

<http://rivista.ording.roma.it/5g-business-modeling/>



Il 5G non è solo un'evoluzione dell'attuale 4G - LTE ma si presenta come un salto di paradig-

ma che porterà all'apertura di nuovi scenari e allo sviluppo di servizi e modelli di business nei mercati verticali.

La nuova rete mobile 5G aumenterà le velocità di connessione integrando più modalità d'accesso, di gran lunga superiori rispetto al 4G, e garantirà tempi di latenza bassissimi, e in considerazione delle alte prestazioni abiliterà la connessione dei dispositivi wireless e dei sensori nell'architettura IOT. La rete 5G è pensata per i nuovi scenari di cyber security offrendo resilienza e mitigando i tentativi di violazione della infrastruttura di telecomunicazione mobile. Con queste caratteristiche il 5G porterà alla nascita di servizi che cambieranno il modo di vivere, produrre, lavorare e muoversi delle persone.



Figura 1

5G e SDN

Le nuove opportunità di business saranno legate allo sviluppo delle nuove infrastrutture di rete 5G che si basano sulle architetture Software Defined Network, mentre le nuove interfaccia Radio in prospettiva integreranno le tecnologie di Software Defined Radio e Cognitive Radio che possono contribuire ad una maggiore efficienza nell'utilizzo dello spettro.

L'architettura della rete 5G è integrata con le nuove funzionalità SDN/NFV copre gli aspetti architetturali e di servizio che interessano:

- device (mobili e fissi);
- le infrastrutture;
- le funzionalità di rete e quelle a valore aggiunto;
- gestione e orchestrazione del sistema.

Il **Layer di business** viene implementato come application layer dove sono implementati gli use case ed i Business model, e dialoga con i layer SDN/NFV (Business Enablement Layer) tramite delle API (Application Program Interface).

Source

Lo slicing di rete nel 5G sfrutta la virtualizzazione della infrastruttura e rappresenta una modalità di erogazione dei servizi abilitando modelli di business che si differenziano sulla base dei servizi e

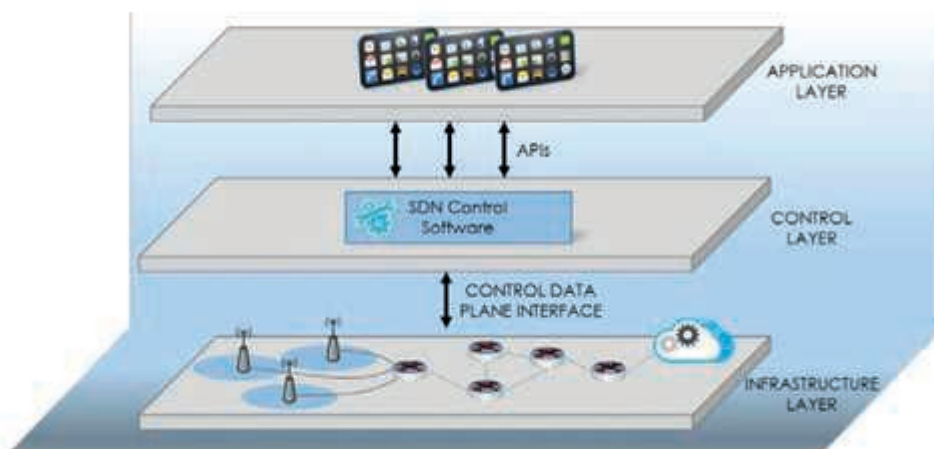


Figura 2

verticalizzazione per mercati oltre ad offrire una ulteriore opportunità per la sicurezza se gestito correttamente. Il network slicing è la capacità di poter configurare reti per diverse categorie o gruppi di clienti attivando il funzionamento simultaneo di reti virtuali / logiche per supportare operatività aziendali indipendenti (ad esempio con scenari specifici di casi d'uso verticali nel trasporto, nella sanità o pubblica sicurezza) utilizzando una infrastruttura fisica comune.

Il network slicing è una componente di architettura di rete fondamentale nel 5G. La suddivisione in rete E2E sfrutta le network capabilities del-

la tecnologia di virtualizzazione centrale nel 5G per affrontare in modo flessibile un'ampia varietà di casi d'uso con requisiti diversi. Tuttavia, lo slicing di rete solleva una serie di problemi di sicurezza, dall'isolamento della porzione di rete (slice) simultaneo accesso alle sezioni da parte di un singolo utente, che richiede l'indirizzamento. Le porzioni di rete 5G devono essere pertanto adeguatamente protette per i diversi use case previsti. Questa nuova architettura che presenta innegabili vantaggi introduce nuovi tipi di minacce alla sicurezza poiché crea una superficie d'attacco aumentata.

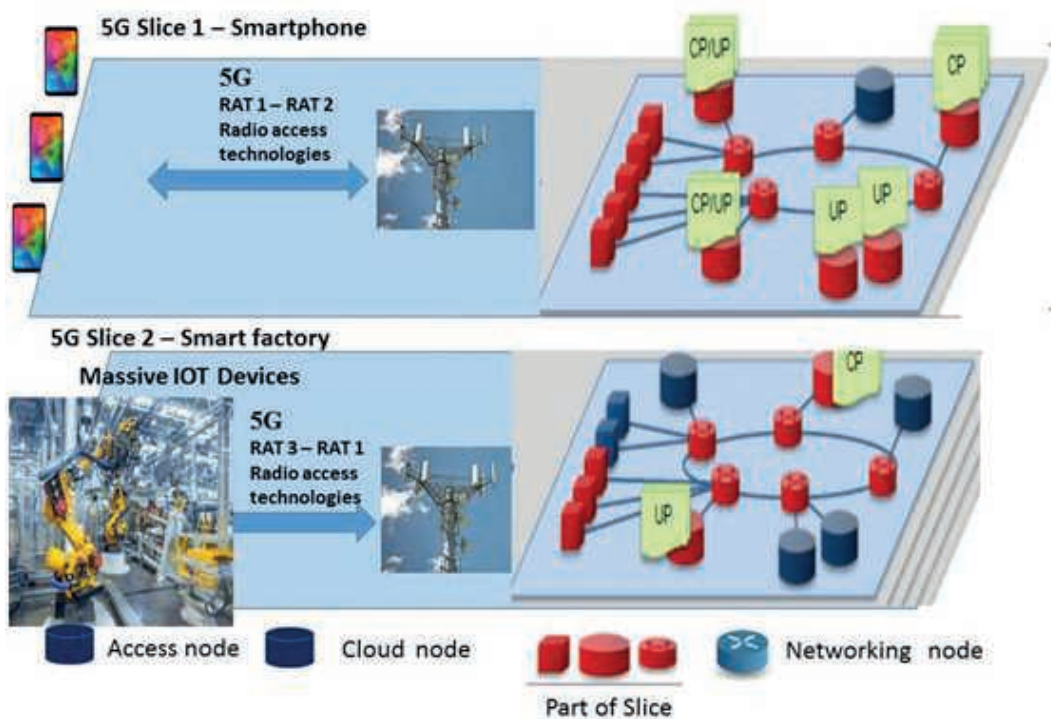


Figura 3



L'evoluzione verso le nuove tecnologie Radio e i nuovi modelli di reti e servizi 5G sono stati presentati all'evento 5G a Tokyo del 13-16 maggio 2019 <https://www.wwrf42.ch/>, dove è stata presentata una relazione nella sessione del Business Modelling.

I nuovi scenari legati agli investimenti ed alle conseguenti opportunità di lavoro riservate agli ingegneri, derivano dallo sviluppo dei mercati verticali come l'Industria 4.0 e delle tecnologie 5G nel mobile e nella infrastruttura Cloud. Assistiamo così all'affermarsi delle architetture di Software Defined Radio nell'accesso wireless e mobile e Software Defined Network nelle infrastrutture TLC la cui sicurezza e resilienza sono al centro della progettazione di infrastrutture nei mercati verticali.

Tra le tecnologie innovative wireless, in un prossimo futuro, quelle di Software Defined Radio e Cognitive Radio saranno in grado di adattarsi alle variazioni dell'ambiente, interferenze e disponibilità delle frequenze licenziate e non, contribuendo così alla gestione del traffico nelle comunicazioni tra diversi sistemi, anche in scenari operativi che prevedano metodologie di gestione dello spettro più flessibili.

Queste nuove tecnologie offrono una serie di potenzialità e vantaggi perché consentono di ottimizzare le risorse radio e gli investimenti e ottenere così una pianificazione efficiente nell'uso delle reti fisse e mobili, offrendo una mobilità globale agli utenti in una cornice in cui la sicurezza è sempre al centro dei requisiti di progettazione: **Security By Design**.

La protezione delle infrastrutture critiche industriali e legate alla fornitura dei servizi pubblici, dipende fortemente dalle reti di Telecomunicazione nell'ambito di una più ampia strategia di cyber security. Ogni interruzione o perdita del servizio di una delle infrastrutture chiave può essere seriamente invalidante per il nostro Paese e per il cittadino che ne è fruitore. Le interconnessioni tra le infrastrutture critiche possono causare un effetto domino poiché le reti elettriche, trasporti, e telecomunicazioni sono mutualmente interdipendenti, a tal punto che il grado di interconnessione ha un effetto sulla resilienza di queste infrastrutture incidendo pesantemente sulla loro operatività e piena funzionalità. Le criticità nelle reti di telecomunicazioni aumentano poiché sono legate alla sicurezza delle reti relative alla introduzione degli apparati e sen-

sori IOT (Internet of Things) in forte sviluppo e diffusione. Nella evoluzione della infrastruttura core delle TELCO sono comunque presenti caratteristiche di sicurezza legate alla cifratura e ai sofisticati meccanismi di protezione insiti nella architettura della attuale rete mobile LTE (4G) ed in prospettiva nel 5G. Come evoluzione della infrastruttura di rete TLC fondamentale è l'evoluzione della architettura della Software Defined Network (SDN) che presenta caratteristiche innovative utili nella gestione della connettività e nell'individuare traffici legati ad attacchi DDOS. Infatti, la SDN se correttamente progettata e implementata dispone di un livello di protezione delle connessioni non disponibile nelle reti tradizionali IP o Ethernet.

Evoluzione del 5G per gli aspetti di sicurezza della rete

Il sistema 5G si integra con l'evoluzione dei sistemi di comunicazione mobile 4G (4G+ o LTE Advanced). Di conseguenza, l'architettura di sicurezza 5G è progettata per integrare le funzionalità di sicurezza equivalenti del 4G. A com-

pletamento, sono state prese in considerazione negli standard anche la presenza di altre minacce alla sicurezza come attacchi a interfacce radio, rete di segnalazione, interfacce utente, mascheramento, privacy, man-in-the-middle etc per ottenere ulteriori miglioramenti della sicurezza. La sicurezza della fase 1 5G è già nelle specifiche della release 15.

La rete 5G è pensata pertanto per i nuovi scenari di cyber security offrendo resilienza e mitigando i tentativi di violazione della infrastruttura di telecomunicazione mobile.

Il 5G non è pertanto di per sé un problema per la cyber security ma contribuisce ad arginare il problema con le nuove soluzioni architetturali verticali per gli scenari IOT, Smart Factory, etc. 5G è la prima architettura mobile progettata per supportare più casi d'uso specifici, ognuno con il proprio requisiti peculiari ed esclusivi di sicurezza informatica. Ad esempio, il 5G abiliterà Massive Internet of Things (MIoT) applicazioni come sensori di traffico e servizi da veicolo a infrastruttura (V2I) che sono alla base delle città intelligenti. È fondamentale che gli hacker non



possano accedere a tali dati, dirottare i dispositivi IoT o interrompere i servizi con attacchi DDoS (Distributed Denial of Service).

La resilienza del sistema 5G agli attacchi informatici è realizzata attraverso una varietà di funzioni complementari. Innanzitutto, l'accesso al 5G NR (new radio) è stato sviluppato pensando a molti "use case" e predisposto per funzionalità che supportano la sicurezza, e alcuni di questi sono stati raccolti in una classe sotto il termine comunicazioni ultra affidabili a bassa latenza (URLLC). Le funzionalità fornite da 5G NR per casi d'uso di questa classe sono ideali per il controllo industriale, l'infrastruttura critica e le applicazioni di pubblica sicurezza. È possibile ottenere una maggiore resilienza contro guasti e attacchi informatici distribuendo una specifica stazione base come due unità divise, chiamate unità centrale e unità distribuita. Questa suddivisione facilita inoltre l'implementazione personalizzabile delle funzioni sensibili alla sicurezza dell'accesso 5G NR, come la crittografia lato utente, in una posizione centrale sicura, mantenendo le funzioni non critiche per la sicurezza in

posizioni distribuite meno sensibili ad attacchi o violazioni.

L'architettura di rete 5G è progettata intorno ai concetti di resilienza. Ad esempio, la suddivisione in sotto reti isola alcuni gruppi della rete da altre funzioni. Ad esempio, un'organizzazione di pubblica sicurezza può utilizzare una rete mobile dedicata completa in modo esclusivo. Un operatore della rete 5G può anche isolare dispositivi IoT a bassa priorità su una porzione separata per garantire che questi non interferiscano con altri utenti in caso di problemi se prevedono un uso massivo di dispositivi IoT.

La forte enfasi posta sulla sicurezza del settore mobile 4G e 5G è stata un forte fattore di differenziazione nel mercato nei confronti delle altre tecnologie wireless, alcune delle quali hanno architetture di rete intrinsecamente più vulnerabili. Anche l'uso da parte dei dispositivi mobili dello spettro esclusivo concesso su base licenza offre un potente livello aggiuntivo di protezione da intercettazioni sul traffico dati, voce e video. Il 5G non rappresenta di per sé una criticità per la cyber security, ma grazie ai nuovi standard



per la componente di cyber security e release in via di definizione, contribuisce a costruire infrastrutture resilienti per i mercati verticali, in sinergia con le nuove architetture di rete delle Telco (fondate su Cloud, SDN, NFV e SDR).

Le reti 5G sostituiranno nella loro evoluzione i meccanismi di sicurezza già in campo con misure di sicurezza dinamiche che vengono implementate dai sistemi basati sull'intelligenza artificiale per rispondere a una nuova generazione di attacchi "zero day" su più livelli.

Le strategie di protezione delle Reti 5G si inquadrano in una serie di controlli di visibilità di tutti gli elementi in real time, con rilevamento delle intrusioni e mitigazione per rendere una superficie di attacco più gestibile applicando tecniche di intelligenza artificiale.

L'introduzione della sofisticata suddivisione in sotto reti nel 5G (network slicing) espande potenzialmente anche la superficie di attacco attraverso la quale è possibile effettuare attacchi DDOS ed introdurre malware nelle piattaforme del cliente. Tuttavia, le nuove protezioni 5G iso-

lano queste sezioni attraverso più livelli della rete e forniscono sicurezza end-to-end attraverso un frame work di autenticazione comune.

Questa suddivisione facilita inoltre l'implementazione personalizzabile delle funzioni sensibili alla sicurezza dell'accesso 5G NR, come la crittografia del piano utente, in una posizione centrale sicura, mantenendo le funzioni non sensibili alla sicurezza in posizioni distribuite meno sicure.

Un operatore della Rete 5G grazie al network slicing può anche isolare i dispositivi IoT a bassa priorità su una porzione separata per garantire che questi non interferiscano con altri utenti in caso di problemi con dispositivi IoT mission critical o per servizi di public safety.

Tuttavia, gli attacchi DDOS "multi vector" avvengono a vari livelli e interessano tutte le componenti architetturali secondo strategie precise che mirano a superare le difese saturandole per arrivare all'applicazione d'utente come ad esempio nella smart factory. Nella figura si esprime a livello concettuale la coesistenza degli attacchi "multi vector".

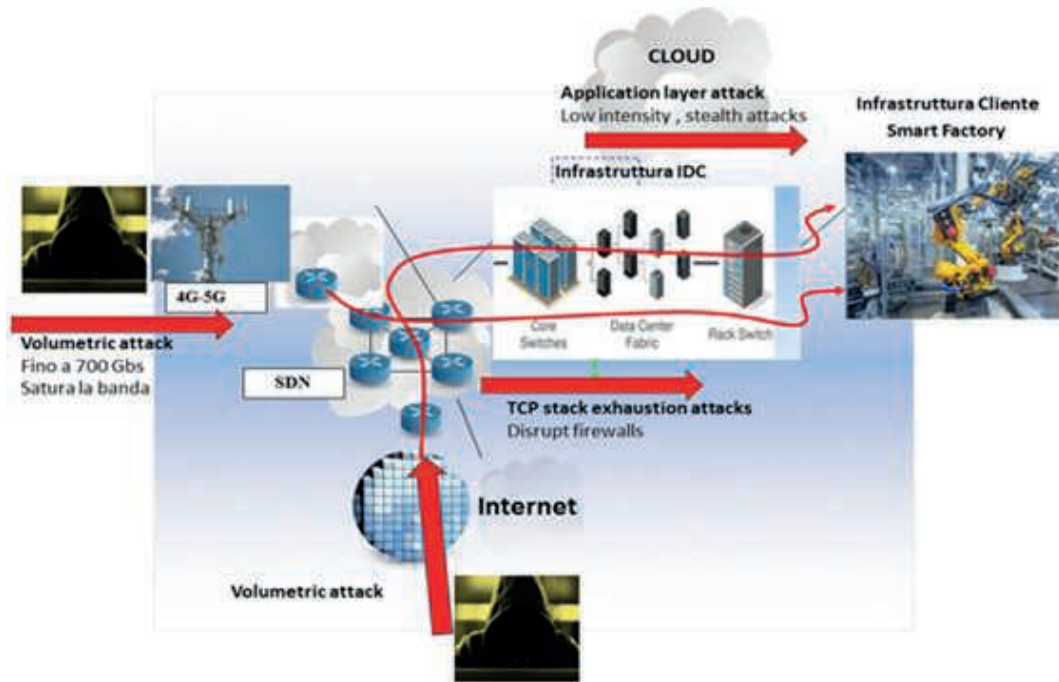


Figura 4

Di seguito si suddividono gli attacchi principali individuando gli elementi di rete coinvolti e le funzionalità architetturali. Quindi un attacco

cyber alle applicazioni d'utente interessa le infrastrutture mobile 4G-5G con le infrastrutture SDN, NFV e Cloud.

Minacce Cyber	Elementi di Rete coinvolti nell'attacco
Attacchi DDoS	Nodi di rete core
Saturation attacks	SDN controller and switches
Attacchi sulla segnalazione	5G core network elements
Attacchi alla configurazione architettura di Rete	SDN (virtual) switches, routers
Penetration attacks	Virtual resources, clouds

Attività di standardizzazione a livello mondiale per il 5G

Oggi, diverse organizzazioni standard e i forum sono attive nel definire l'architettura e per standardizzare i vari aspetti delle tecnologie 5G.

Attività coordinamento sul 5G : comitati regionali

- EU: METIS and 5G-PPP;
- China: IMT-2020;
- Korea: 5G Forum;
- Japan: 5GMF;
- USA: 5G Americas.



Figura 5

Attività di Standardizzazione sul 5G: Organismi internazionalitolati per la creazione e manutenzione degli standards

- ITU-R
- 3GPP
- ETSI
- IEEE

Uno sguardo alle attività di standardizzazione a livello mondiale per il 5G e cyber security

Sul versante sicurezza 5G sono stati pubblicati diversi rapporti tra cui:

ENISA - Signalling Security in Telecom SS7/Diameter/5G : EU level assessment of the current situation

GSMA - Mobile Telecommunications Security Threat Landscape January 2019

Questi rapporti riportano analisi e raccomandazioni per limitare i rischi e sono suggerite strategie e soluzioni ma non sono individuate risposte per casi specifici come applicazioni nei mercati verticali.

Il vero lavoro sulla cyber security per il 5G viene

svolto nei gruppi di standardizzazione già indicati, dove sono armonizzate soluzioni per evitare le minacce e rendere robuste e resilienti agli attacchi degli hacker i protocolli e le architetture 5G core e radio.

Tra questi si segnala ETSI, GSMA, 3GPP e 5GPPP che hanno prodotto standard e raccomandazioni tra cui si segnala un importante rapporto sul 5G:

EU 5GPPP - Security Landscape -Produced by the 5G PPP Security WG

ETSI: <https://www.etsi.org/event-s/1594-2019-05-gsma-mobile360-series-security-for-5g?jij=1568915355534>

GSMA: <https://www.mobile360series.com/security-for-5g/>

Vanno sottolineati i miglioramenti nelle tecnologie 5G che sono stati pertanto sviluppati dai costruttori secondo le raccomandazioni di questi enti di standardizzazioni per affrontare le minacce alla sicurezza informatica attuali ed emergenti nelle reti 5G.

La sicurezza rimane pertanto un tema centrale nella commercializzazione delle reti 5G in tutto il mondo.

Gli standard 3GPP 5G includono miglioramenti per crittografia, autenticazione, protezione dell'integrità, privacy e disponibilità della rete

Le innovazioni in 4G LTE creano una base per miglioramenti della sicurezza in 5G.

Le misure di sicurezza dinamiche offrono una protezione aggiuntiva per lo slicing di rete e le tecnologie basate su AI.

Il 3GPP (3rd Generation Partnership Project), l'organizzazione mondiale ha lavorato allo sviluppo standardizzato di tutti i requisiti di sicurezza fondamentali che includono misure per la crittografia, l'autenticazione reciproca degli elementi di rete core e di accesso, la protezione dell'integrità, la privacy e la disponibilità della rete. Risulta così un frame work di autenticazione unificato che consente una mobilità senza soluzione di continuità tra le diverse tecnologie



radio di accesso e di interconnessione tra gli elementi core. Particolare attenzione è stata posta nella protezione della privacy dell'utente per le informazioni sensibili che essendo potenzialmente vulnerabili potrebbero essere utilizzate per identificare e tracciare gli abbonati.

È stato migliorato in ottica sicurezza i protocolli SS7 e Diameter per il roaming.

Il principale obiettivo del 3GPP Security Working Group (SA3) è garantire che le “ security features” sviluppate per la rete LTE possano evolvere e svilupparsi per il 5G e che tutti i potenziamenti e sviluppi per la security nel 5G per garantire i nuovi servizi debbano anche prendere in considerazione ed armonizzarsi per l'impatto sui sistemi esistenti LTE. Questo approccio duale e simmetrico consente di risparmiare tempo ed aiuta a ridurre le possibili duplicazioni negli standard e aiuta l'impegno del gruppo nell'eliminare le minacce sulla interfaccia radio, nel piano della segnalazione, privacy e interfaccia utente. Infatti un recente documento “3GPP 5G Security” fornisce il dettaglio delle caratteristiche per la security della “new radio” (NR) and the 5G core (5GC).

Cyber security & 5G nel 3GPP

Un ruolo importante per gli aspetti di standardizzazione 5G cyber security è svolto dal 3GPP

3GPP - Sicurezza 3GPP 5G

Il 3GPP nato per il 3G ad oggi è il fulcro della standardizzazione anche per il 5G

Infatti produce e mantiene le specifiche per gli standard 2G, 3G, 4G, 5G sia lato accesso sia lato core e per le architetture di servizio

A dicembre 2017 sono state approvate le specifiche Non Standalone (aka. NSA) per la nuova radio 5G (NR), seguite a giugno 2018 dalle specifiche Standalone - completando la parte radio della 5G Fase 1 (Versione 15 di 3GPP). Il gruppo di lavoro sulla sicurezza 3GPP (SA3) è stato coinvolto sin dall'inizio del lavoro. Quindi parlare di assenza di sicurezza sulla rete 5G è inappropriato in quanto mano a mano che vengono implementate dai costruttori le release 15 e 16 del 5G e rilasciate agli operatori vengono rese disponibili in rete tutte le "network capabilities" e funzionalità per la sicurezza previste dagli standard.

In ETSI la cyber security per il 5G è una priorità per gli standard europei

"At this year's Mobile World Congress, alongside 5G product demonstrations everywhere, security was the main discussion topic. So, is 5G secure?"

The answer is yes, 5G is by design more secure than previous generations, provided we ensure careful deployment and make sure that the applications running over these networks are also secure. Some insight on what ETSI, 3GPP and oneM2M are working on to make our systems “cybersecure”.

Luis Jorge Romero,
ETSI's Director General



Miglioramento delle tecniche di rilevamento e mitigazione delle intrusioni

The New radio (NR) può essere “collegata” a una infrastruttura core 4G e coesistere con le radio 4G per accelerare l'implementazione del 5G.

In linea di massima possiamo dire che i miglioramenti della sicurezza del 5G sono stati progettati per basarsi e migliorare ulteriormente i controlli di sicurezza del 4G attualmente già robusti. Infatti i miglioramenti della sicurezza introdotti nel 3GPP includevano upgrades che facevano parte della versione 8, che aggiungeva meccanismi di sicurezza / autenticazione tramite server, difunzionalità dei servizi e con la versione 11, che forniva funzionalità aggiuntive per consentire l'accesso sicuro alla rete principale. Tuttavia, poiché le reti diventano più complesse con il 5G, ulteriori minacce e vulnerabilità aumentano la sfida alla sicurezza. Dispositivi o apparecchiature dell'utente, reti di accesso radio, minacce alla mobilità o “marginali”, core della rete, firewall LAN (Local Area Network) Internet, firewall o interfacce aeree rappresentano tutti potenziali bersagli di attacchi. La superficie della minaccia di Internet of Things (IoT) è esposta infatti in una vasta area vulnerabile a minacce sia al livello di applicazione, nodo / piattaforma, rete / trasporto o nel dispositivo IoT stesso.

Le possibili criticità saranno presenti soprattutto durante la fase iniziale di transizione dal 4G, durante la quale vecchie e nuove release dovranno coesistere in esercizio per garantire la coesistenza e cooperazione tra le due reti.

Quindi possibili attacchi potrebbero passare dalla rete 4G sfruttando così le interconnessioni e superare dall'interno le difese della rete 5G.

Un importante documento ETSI è disponibile sul sito all'indirizzo

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/133500_133599/133501/15.01.00_60/ts_133501v150100p.pdf

Digital Transformation : 5G e Industry 4.0

La Digital Transformation ed il 5G sono due facce della stessa medaglia ed abilitano la nuova rivoluzione della Industria 4.0 come esaminato nell'articolo tratto dall'evento su Industria 4.0 che è disponibile sulla rivista IoRoma

<https://rivista.ording.roma.it/industry-4-0-come-la-digital-transformation-incide-nella-rivoluzione-industriale/>

<https://rivista.ording.roma.it/digital-transformation-2/>



Dal 2000, l'Europa ha sperimentato una significativa deindustrializzazione. Ad esempio, il contributo della produzione al PIL europeo è diminuito dal 18,5% nel 2000 al 15% nel 2012 e 3,8 milioni di posti di lavoro sono andati persi tra il 2008 e il 2012 in questo settore. (Fonte: World Bank)

L'industria è centrale per l'economia europea. Contribuisce alla prosperità degli europei e offre posti di lavoro a 36 milioni di persone – cioè circa un posto di lavoro su cinque in Europa. In particolare, il settore manifatturiero è estremamente importante per il suo ruolo nel guidare la produttività e l'innovazione.

Oltre l'80% delle esportazioni dell'UE è generato dall'industria (Fonte: Eurostat — Extra-EU trade in manufactured goods — April 2017). La digitalizzazione dell'Industria porta competitività e sviluppo economico e per questo è al centro dei piani d'azione della Comunità Europea. Ma perché è così importante la Digital Transformation per l'Industria Europea e attraverso quali piattaforme si attua? La sempre maggiore disponibilità di piattaforme tecnologiche in un'ottica di convergenza tra Mobile, Intelligenza Artificiale, Cloud, Big Data/Analytics sta drammaticamente cambiando il modo in cui noi viviamo, lavoriamo, ed interagiamo. L'industria delle Telecomunicazioni ha fornito tutti i building blocks delle infrastrutture: rete di accesso a larga banda fissa e mobile, l'infrastruttura core, l'interconnessione e le piattaforme applicative in Cloud. Tutto il processo di trasformazione digitale dipenderà dalla Telecommunication Industry che sta abilitando i cambiamenti anche nell'organizzazione del lavoro come nel caso dello smart working. Questo trend si colloca nella Quarta Rivoluzione Industriale, denominata "Industria 4.0". L'indu-

stria delle Telecomunicazioni sta giocando un ruolo cruciale nell'abilitare questa trasformazione digitale che sta interessando tutti i mercati verticali (Finance, Automotive, Public Sector, Healthcare...).

Chiamiamola Industria 4.0, Industrial Internet come negli USA, I4.0 come in Giappone oppure Impresa 4.0 come auspica ora il MISE. Il fatto è unico ed ineludibile: la convergenza fra le tecnologie informatiche, quelle di telecomunicazioni, la sensoristica avanzata e il mondo dei Big Data ha iniziato a cambiare radicalmente il modo in cui vengono prodotti e utilizzati beni e servizi, avviando un processo di trasformazione che oggi ha il focus sul processo manifatturiero, ma domani si espanderà a ogni tipo di ambiente produttivo degli equipaggiamenti produttivi.

Senza però dimenticare che Industria 4.0 è un tassello che va inquadrato nel più vasto fenomeno della trasformazione digitale del mondo con lo scenario abilitato dal 5G, dove giocano e giocheranno un ruolo anche tecnologie relativamente lontane dai processi di produzione industriale, come ad esempio le nano e le biotecnologie, o nuovi materiali, i veicoli a guida autonoma e il quantum computing. Tecnologie che troveranno il proprio momento di gloria in campi applicativi probabilmente molto diversi dalla produzione, e con tempi che potranno differire di lustri.

Per questi motivi, l'avvento del 5G è parte integrante della quarta rivoluzione industriale. Al riguardo è stato pubblicato una serie di articoli sulla rivista IoRoma tra cui si evidenzia:

TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY: Come le Telecomunicazioni abilitano la quarta rivoluzione industriale.



<http://rivista.ording.roma.it/digital-transformation/#cite=19:1:WLF,19:10:r1z>



In questo articolo si analizza un punto di questo scenario: l'evoluzione dell'architettura della rete e dei servizi (applicativi e di rete) che guidano la "Digital Transformation". Non si considerano quindi, in dettaglio, gli impatti della competizione, della regolamentazione, del ruolo degli OTT e non si discutono le tecnologie e la sostenibilità economico-finanziaria.

Scenario di riferimento evoluzione interfaccia radio nel 5G

In termini generali, la Cognitive Radio è la tecnologia intelligente che esplora lo spettro sfruttando i buchi delle frequenze non licenziate o sottoutilizzate e la loro disponibilità spaziale. Nella rete di comunicazione 5G i dispositivi come gli smartphone interagiscono con le stazioni radio base della rete cellulare e ricevono indicazioni in quale spettro possono trovare condizioni più favorevoli in termine di maggiore disponibilità

per la frequenze e bit rate.

Tale tecnologia, in grado di garantire un accesso dinamico e non più statico allo spettro radio presenta tuttavia delle complessità per la sua implementazione, legate in particolare agli aspetti della normativa e della regolamentazione dell'accesso alle frequenze. Tuttavia, questo non è l'unico punto critico.

Uno dei principali problemi di una architettura di Cognitive Radio (CR) e SDR per i sistemi 5G è l'enorme fabbisogno energetico per supportare le capacità cognitive dei dispositivi mobili. La CR ha un'elevata complessità legata alle implementazioni con chip ed applicazioni di intelligenza artificiale. Inoltre, ci sono ulteriori limitazioni legate alla realizzazione di CR per 5G che richiedono dispositivi con complessità computazionali elevate affinché analizzino e percepiscano l'intera gamma di spettro con una buona sensibilità e qualità. Tuttavia, questa evoluzione del 5G con l'integrazione di SDR/CR nella sua architettura radio anche se ora appare una strada tutta in salita diventerà ineludibile per implementare in modo compiuto le architetture IOT. Smart City e per la smart factory nello scenario dell'Industria 4.0.

I nuovi sistemi di comunicazione "Next generation" nascono già intelligenti, e forniranno agli operatori una piattaforma che consentirà di utilizzare al meglio la scarsa risorsa dello spettro grazie ad una architettura di rete eterogenea che necessita della Cognitive Radio per essere realizzata.

Le smart cities possono essere così progettate basandosi sulla cognitive radio che utilizza lo "spectrum sensing" e lo "spatial sensing". Vengono utilizzate le antenne "massive MIMO" e le "heterogeneous network" che utilizzano le "small cells" Femto / Pico cell.





ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 - Roma

Tel. 06.487.93.11 - Fax: 06.487.931.223

Cod.Fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lunedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Martedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Mercoledì 09:30-12:30 14:30-17:30

Giovedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Venerdì 09:30-12:30 chiuso

Sabato chiuso

La Segreteria dell'Ordine chiude alle 16.00

AREE DEL SITO WEB DEL QUADERNO



AREA CIVILE AMBIENTALE

<https://rivista.ording.roma.it/civile/>



AREA INDUSTRIALE

<https://rivista.ording.roma.it/industriale/>



AREA DELL'INFORMAZIONE

<https://rivista.ording.roma.it/informazione/>



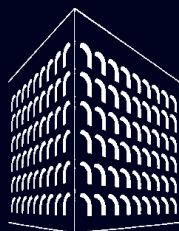
AREA INTERSETTORIALE

<https://rivista.ording.roma.it/intersectoriale/>



È possibile consultare tutti i numeri
all'indirizzo Internet
ioroma.info





Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
www.ording.roma.it