



BANCA D'ITALIA  
EUROSISTEMA

# Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

Un indice OEE per la stampa delle banconote in Banca d'Italia

di Michele Manna

Febbraio 2021

Numero

595





BANCA D'ITALIA  
EUROSISTEMA

# Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

Un indice OEE per la stampa delle banconote in Banca d'Italia

di Michele Manna

Numero 595 – Febbraio 2021

*La serie Questioni di economia e finanza ha la finalità di presentare studi e documentazione su aspetti rilevanti per i compiti istituzionali della Banca d'Italia e dell'Eurosistema. Le Questioni di economia e finanza si affiancano ai Temi di discussione volti a fornire contributi originali per la ricerca economica.*

*La serie comprende lavori realizzati all'interno della Banca, talvolta in collaborazione con l'Eurosistema o con altre Istituzioni. I lavori pubblicati riflettono esclusivamente le opinioni degli autori, senza impegnare la responsabilità delle Istituzioni di appartenenza.*

*La serie è disponibile online sul sito [www.bancaditalia.it](http://www.bancaditalia.it).*

ISSN 1972-6627 (stampa)

ISSN 1972-6643 (online)

*Stampa a cura della Divisione Editoria e stampa della Banca d'Italia*

# UN INDICE OEE PER LA STAMPA DELLE BANCONOTE IN BANCA D'ITALIA

di Michele Manna\*

## Sommario

Il lavoro presenta una serie mensile dell'indice di *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) per la stampa delle banconote in Banca d'Italia, dal gennaio 2014 al settembre 2020. L'OEE esprime il grado di funzionamento di un sito industriale, misurando in percentuale il rapporto tra il volume di produzione conforme agli standard realizzato in un dato intervallo di tempo e quanto si era pianificato di produrre. Il lavoro evidenzia i progressi registrati nell'indice dopo il riassetto della stamperia a partire dal marzo 2018, nonché la resilienza nello svolgimento dell'attività nella fase più recente di emergenza sanitaria. Tramite verifiche econometriche si misura in circa 10 punti percentuali la flessione dell'indice nella fase più intensa delle trattative che poi ebbero ad esito la riorganizzazione, quantificando così un fenomeno ben attestato nella letteratura di organizzazione industriale.

**JEL Classification:** L23, L64.

**Keywords:** indice OEE, riorganizzazione, trattativa sindacale.

**DOI:** 10.32057/0.QEF.2021.595

## Indice

1. Introduzione .....	5
2. Cosa è l'OEE: potenza e limiti della misura .....	7
3. Aspetti metodologici .....	9
3.1 Aspetti metodologici generali .....	9
3.2 La compilazione di una serie dell'OEE per la stamperia della Banca d'Italia .....	11
4. Dati e statistiche descrittive .....	12
5. Stime econometriche .....	17
6. Conclusioni .....	19
Bibliografia.....	21

---

\* Banca d'Italia, Dipartimento Circolazione monetaria e pagamenti al dettaglio, Servizio Banconote.



## 1. Introduzione<sup>1</sup>

In questo lavoro si presentano i risultati della compilazione di una serie dell'indice *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) per la stampa delle banconote in Banca d'Italia, dal gennaio 2014 al settembre 2020. Il lavoro si completa con una survey della letteratura in materia, la presentazione delle scelte metodologiche adottate nel calcolare l'indice, nonché la discussione di alcune stime econometriche che utilizzano l'OEE come variabile dipendente.

L'OEE esprime il grado di funzionamento di un sito industriale, misurando in percentuale il rapporto tra il volume di produzione conforme agli standard realizzato in un dato intervallo di tempo e quanto si era pianificato di produrre. Questo rapporto si ottiene combinando misure più elementari di disponibilità (quanto tempo la macchina ha operato), prestazione (quanto la macchina ha prodotto rispetto al potenziale) e qualità (quota di prodotti buoni sul totale).

L'OEE ha acquisito un'ampia popolarità nelle concrete modalità gestionale di strutture industriali, tanto da guadagnarsi l'appellativo di *gold standard* del settore manifatturiero. Esso infatti riassume in una singola misura di agevole lettura quanto si è fatto, in termini di produzione di prodotti *fit* (conformi a standard), rispetto a quanto si era pianificato di fare. L'OEE è dunque una misura di efficacia, l'*effectiveness* dell'espressione completa; non è invece una misura di efficienza o di costo ed è errato attribuirgli significati in tal senso.

È importante anche comprendere alcuni margini di discrezionalità nel calcolo dell'indice. In questo spirito, la sezione 2 intende presentare un quadro della potenza e anche dei limiti dell'indice.

L'indice assume valori in una scala da 0 a 100%. Quest'ultimo dato è un massimo teorico, corrispondendo alla situazione pressoché irrealistica di un sito industriale nel quale le macchine sono attive in ogni ora e giorno nei quali ne era stata pianificata l'attività, producono sempre in misura pari al loro potenziale tecnico e non generano mai prodotti difettosi. Convenzionalmente si fa riferimento al valore di 85% come ottimo (*world class*) ma anche questa soglia è spesso discussa, proponendosi in suo luogo un intervallo ampio di valori, che può andare approssimativamente da 75% a 95%.

L'OEE consente confronti nello "spazio" e nel "tempo".

I confronti nello "spazio" sono quelli che si possono realizzare con analoghe misure di altre imprese manifatturiere ovvero con le soglie cui si è ora accennato. Questi confronti intendono verificare se il sito industriale di cui misuriamo l'OEE è gestito in modo efficace o meno. La letteratura sull'argomento sottolinea come rispondere a questa domanda non sia agevole. Per quanto sopra accennato, non c'è consenso sul massimo valore concretamente raggiungibile; né può parlarsi di una misura "oggettiva" / "vera" dell'indice per un impianto industriale in un dato momento. Ciò perché, in estrema sintesi, il risultato dei calcoli sull'OEE sarà influenzato dai dati elementari a disposizione, dalla frequenza di aggiornamento e granularità dei piani di produzione, dall'organizzazione generale della produzione (quante linee di produzione? quante fasi?).

In un lavoro sull'OEE assume quindi rilievo un esame delle questioni metodologiche, almeno le principali, e la descrizione delle scelte che il ricercatore ha di volta in volta adottato. Questo è il tema della sezione 3.

---

<sup>1</sup> A cura di Michele Manna, Banca d'Italia. L'autore desidera ringraziare Andrea Corradini, Franco Maria D'Andrea, Riccardo Imbimbo, Gabriele Carmine Messina, Francesco Nicolò, Roberto Rinaldi, Roberta Verrelli e i partecipanti a un seminario interno per i suggerimenti ricevuti. Resta responsabile di ogni residuo errore presente nel lavoro. Il lavoro riflette esclusivamente le opinioni dell'autore, senza impegnare la responsabilità della Banca d'Italia.

Più agevole e robusto è il confronto nel “tempo”, purché si abbia l'accortezza di mantenere invariata la metodologia con cui si sono derivate le misure riferite a tempi diversi in modo da renderle confrontabili tra loro.

Anche per queste ragioni non appare casuale l'enfasi posta dalla letteratura in materia sull'importanza di orientare la gestione dell'impianto verso un incremento regolare nel tempo dell'OEE, nello spirito del concetto giapponese del *Kaizen*<sup>2</sup>, piuttosto che conseguire un generico livello ritenuto alto. Di qui l'approccio adottato in questo lavoro di proporre una serie storica su un periodo sufficientemente lungo, poco meno di 6 anni di osservazioni mensili, piuttosto che una singola misura.

L'intervallo prescelto copre tanto la fase più recente quanto alcuni anni precedenti al riassetto organizzativo della stamperia entrato in vigore il 5 marzo 2018: da un turno doppio con orario standard sviluppato su 5 giorni si passò a un turno unico con orario prolungato su 4 giorni.

Anticipando due tra i risultati principali descritti nella sezione 4, si può accennare in primo luogo all'incremento dal 57,3% al 62,8% del valore medio dell'OEE misurato rispettivamente nel periodo precedente il riassetto e in quello corrente<sup>3</sup>. Dunque il riassetto si è tradotto in un incremento di efficacia della stamperia dell'Istituto, che si dimostrerà sta proseguendo nel tempo. Questa progressione nei risultati è ancor più apprezzabile considerato che i driver principali del riassetto furono un ridimensionamento dei costi fissi e una riduzione del potenziale di produzione, non direttamente la ricerca di un incremento di efficacia.

Il secondo risultato riguarda l'evoluzione registrata nella seconda metà del 2017, quando l'indice scese in media a un valore del 48,4% in corrispondenza della fase più intensa delle negoziazioni che ebbero come esito la firma degli accordi sul riassetto. La letteratura di *industrial organization* attesta in modo non ambiguo la diminuzione di efficacia nella gestione complessiva della produzione in contesti di serrato confronto con le organizzazioni sindacali; quanto avvenuto nella stamperia si colloca quindi all'interno di un pattern diffuso anche in altri contesti industriali<sup>4</sup>.

Il presente lavoro si completa con alcune stime econometriche che utilizzano l'indice OEE come variabile dipendente<sup>5</sup>. La sezione 5 riferisce sui risultati di queste stime.

La sezione 6 conclude il lavoro.

---

<sup>2</sup> *Kaizen* – composizione dei termini *Kai* (cambiamento) e *Zen* (buono, migliore) – significa cambiare in meglio, miglioramento continuo. Si intende quindi la ricerca del rinnovamento graduale, da ricercarsi ogni giorno, nel coinvolgimento e col consenso delle diverse parti coinvolte nell'attività dello stabilimento.

<sup>3</sup> La media del 57,3% è calcolata con riferimento ai mesi da gennaio 2014 a luglio 2017; si esclude il periodo appena precedente l'avvio della riorganizzazione che presentò caratteristiche del tutto specifiche e sulle quali si parlerà diffusamente nel lavoro. Se si fosse considerato anche questo periodo e quindi nel complesso dei mesi da gennaio 2014 a febbraio 2018 la media sarebbe scesa al 56,1%, ampliandosi così di riflesso l'incremento post riassetto. Un'annotazione merita anche il dato riportato riguardo al periodo corrente. Per ragioni anche queste discusse di seguito, la media del 62,8% include anche dati di mesi del 2020 nei quali l'indice OEE della stamperia scese in modo vistoso come riflesso dell'emergenza sanitaria del COVID-19; il valore medio dell'indice calcolato per il periodo da marzo 2018 a settembre 2020 e omettendo le osservazioni relative ad aprile e maggio 2020 è pari a 63,8%. Ricapitolando, la variazione dell'indice commentata nel testo principale può ritenersi nel complesso una stima conservativa.

<sup>4</sup> Questa conclusione è robusta sul piano qualitativo. Su quello quantitativo, al meglio delle ricerche effettuate non si è conoscenza di altri lavori empirici che attestino l'andamento dell'OEE in fasi di negoziazione rispetto a fasi ordinarie, di assenza di negoziazione usando un approccio di *time series*. Non si è quindi nella posizione di valutare se la flessione dell'OEE registrata nella stamperia della Banca sia maggiore o minore della media di altri studi. Per altro verso, uno dei principali valori aggiunti che questo paper intende offrire è misurare la flessione descritta nella letteratura.

<sup>5</sup> Le stime sono state condotte su un campione leggermente più ridotto, che termina a novembre 2019.



Una prima versione di questo lavoro utilizzava una serie storica fino a dicembre 2019; nella versione corrente la base dati è estesa al settembre 2020. Tra le due date si colloca la prima fase dell'emergenza sanitaria del COVID-19, che naturalmente ha investito anche la stamperia dell'Istituto. Uno shock di questa portata può essere gestito in diverse maniere nella predisposizione dei dati utili al calcolo dell'indice OEE. Una possibilità è semplicemente non considerare i mesi nei quali l'impatto della pandemia è stato più forte. Di fatto, ciò avrebbe comportato terminare la serie storica a febbraio 2020, con limitato progresso rispetto alla situazione precedente. Oppure si può derivare una serie *adjusted*: in buona sostanza, si ricalcola la serie dal marzo 2020 utilizzando come denominatore ciò che si sarebbe potuto produrre nelle nuove, mutate condizioni. Procedendo in questa maniera si neutralizzano gli effetti sulla pandemia sull'indice. Una terza soluzione, quella adottata nel paper, consiste nell'elaborare i dati con metodologia invariata, senza alcun aggiustamento. Non sorprenderà quindi che in particolare la misura dell'OEE ottenuta per aprile 2020 sia particolarmente bassa (peraltro non un minimo storico all'interno del campione che inizia nel 2014). Questa soluzione è apparsa preferibile per ragioni di semplicità e linearità. Dunque, più coerente con l'approccio Kaizen, nel senso già richiamato sopra. Inoltre, essa offre la possibilità di utilizzare la pandemia come un rilevante *business case* per testare la resilienza della struttura a uno shock di maggiori dimensioni<sup>6</sup>.

## 2. Cosa è l'OEE: potenza e limiti della misura

Nella formula più conosciuta l'OEE si calcola come il prodotto di tre componenti<sup>7</sup>:

$$[1] \quad OEE = \text{Disponibilità (availability)} \times \text{Prestazione (performance)} \times \text{Qualità (quality)}$$

L'indice OEE, generalmente rappresentato come valore percentuale, assume il valore massimo del 100% se: (i) il grado di attività dell'impianto è esattamente pari a quello pianificato, senza soste non previste; (ii) la produzione è pari al potenziale delle macchine; (iii) tutto i pezzi prodotti sono conformi agli standard di qualità. Come accennato sopra, è immediato intuire che la soglia del 100% costituisca un riferimento solo teorico: non esiste impianto che sia sempre attivo, che non sia mai soggetto a rallentamenti e che non produca mai pezzi difettosi. Si pone quindi il problema di quale siano i valori massimi concretamente verificabili in impianti ottimamente organizzati, cd. *world class*. Un riferimento convenzionale in materia è quota 85% proposta da Seiichi Nakajima (1988), nel suo libro di introduzione sulla Total Productive Maintenance, TPM<sup>8</sup>. È bene considerare anche questa misura con cautela, sebbene spesso proposta. Essa venne elaborata in base all'esperienza acquisita dall'autore in Giappone, in un periodo ben preciso (gli anni settanta del secolo scorso) e in un settore specifico (*automotive*). Quindi la letteratura esorta a non considerare in modo rigido un singolo valore ma piuttosto a impegnarsi a migliorare in modo continuo nel tempo le misure ottenute.

---

<sup>6</sup> L'utilità di un "esperimento" del genere proviene anche dalla circostanza che la possibilità di una pandemia rientra appieno nelle casistiche di *operational risk management*.

<sup>7</sup> Si segue qui il sito Organizzazione Aziendale, <https://www.organizzazioneaziendale.net/oe-significato-definizione-calcolo/2671>. Confronta anche OEE Industry Standard, Version 2.0 August 2003.

<sup>8</sup> Nell'approccio di Nakajima, quota 85% si raggiunge come prodotto di quote del 90% di disponibilità, 95% di prestazione e 99% di qualità.

L'importanza dell'OEE può difficilmente essere sovrastimata tanto che non appaiono eccessive definizioni quali “*the gold standard for measuring manufacturing productivity*”<sup>9</sup>. L'aspetto più apprezzabile dell'indice è la sua capacità di tradurre in un singolo numero il funzionamento spesso complesso di un impianto industriale, facilitando confronti nel tempo e nello spazio.

Dunque, l'OEE consente di cogliere in modo agevole, sia pur con i limiti cui si accennerà sotto, il livello di funzionamento dell'impianto in momenti diversi e verificare se ci sono stati progressi. Inoltre, le misure dell'indice possono confrontarsi anche per impianti operanti in realtà industriali differenti. Ciò è particolarmente rilevante nel contesto della presente ricerca: al meglio delle indagini condotte da chi scrive, non si ha notizia di documenti pubblicamente disponibili con misure di OEE nella produzione delle banconote. A questa assenza si potrà contrapporre – con alcune cautele – la disponibilità di misure per altri settori industriali<sup>10</sup>. Infine, ma certamente non meno importante, l'OEE facilita il dialogo tra *management* e strutture tecniche: il *management* può disporre appunto di un indicatore di immediata lettura sul funzionamento complessivo dell'impianto, che può guidarne la gestione; allo stesso tempo, l'OEE impone una “disciplina” alle strutture tecniche nel senso che supera in una visione olistica le complessità e le conoscenze di dettaglio proprie del processo di produzione.

Un utilizzo corretto dell'OEE nell'industria manifatturiera non può prescindere da una comprensione dei limiti propri di quest'indice, non attribuendogli valenze e finalità ad esso estranee.

In primo luogo, come reso esplicito già dall'acronimo, l'OEE costituisce una misura di efficacia, non di efficienza. L'indice esprime ciò che si è fatto rispetto a ciò che si sarebbe potuto fare (o ancor meglio rispetto a ciò che si era pianificato di fare); non misura quante risorse si sono impiegate e con quali costi per raggiungere il risultato desiderato<sup>11</sup>.

Secondo, la semplicità dell'equazione [1] potrebbe suggerire una sorta di oggettività nella procedura di calcolo e unicità dei risultati. Un'immagine di questo tipo è fuorviante ed eloquente è l'affermazione seguente, proposta in uno dei siti più noti in materia, “*there is no such thing as ‘an OEE number’ that could be referenced to, simply because it could be defined in a thousand different ways*”<sup>12</sup>.

Riconoscere questa ambiguità non rende l'OEE privo di significato. Certamente, è prudente nel ricostruire una serie storica mantenere costanti nel tempo le scelte metodologiche adottate, divenendo altrimenti poco significativi i confronti nel “tempo”. Per quanto riguarda invece i confronti nello “spazio” – l'OEE di impianti differenti – si può solo procedere con prudenza nel giudicare i diversi numeri.

Questione forse più sottile riguarda la circostanza che in un impianto nel quale la produzione è organizzata in più fasi collocate in sequenza, l'efficacia complessiva dipende anche da colli di

---

<sup>9</sup> Cfr. <https://www.oeec.com/>.

<sup>10</sup> Si discuteranno più avanti ad esempio i risultati del lavoro di Özveri, Kabak e Keleş (2016) sull'OEE nella stampa di giornali, settore che pur evidentemente diverso da quello delle banconote è già più assimilabile rispetto a confronti con OEE più sovente oggetto di indagine quale quelli per il settore dell'*automotive*.

<sup>11</sup> Si può intuire dunque che l'OEE è poco rilevante per l'acquirente del prodotto – che valuterà più direttamente elementi quali il costo, la qualità, i tempi di consegna, l'assistenza, ecc. – mentre può aver un valore indiretto per l'investitore nel capitale di una società.

<sup>12</sup> Cfr. <http://oeecoach.com/how-high-should-oeec-be/>. Lo stesso sito aggiunge “*It is just a matter of changing some of the definitions; lower the maximum speed, exclude some waiting-times like breaks and maintenance, stretch the specifications of good product etc.*”. Va aggiunto che i dati elementari utilizzati nella ricostruzione dell'OEE sono pressoché sempre proprietari e l'analista esterno difficilmente può condurre una misura autonoma.

bottiglia che sono sempre possibili, secondo il principio dell'espressione inglese "*The speed of the fleet is determined by the slowest vessel*". Non sorprende che si registri un progressivo degrado del tempo di ciclo effettivo rispetto a quello teorico, via via che ci si sposta dalla fase 1 alla fase N, se le macchine hanno produttività differenziate e si fatica a mantenere allineati i buffer intrafase. Per ovviare a questi aspetti di misurazione, Braglia, Frosolini e Zammori (2009) propongono, ad esempio, un indice di "*Overall equipment effectiveness of a manufacturing line*" (OEEML). Pur senza una terminologia del tutto assestata, può essere utile far riferimento a queste alternative, proposte con differenti gradi di sofisticazione, con l'espressione di "System OEE", riservando invece l'espressione "Equipment OEE" all'indice nella sua versione base (Cesarotti, Giuiusa e Introna, 2013). Queste ultime restano le misure più diffuse tra i *practitioners*, ragionevolmente perché evitano di introdurre un ulteriore elemento di complessità agevolando così anche la confrontabilità dei risultati, e saranno l'oggetto anche del presente lavoro.

### 3. Aspetti metodologici

#### 3.1 Aspetti metodologici generali

La misura di disponibilità (*availability*) è il rapporto tra il tempo nel quale la macchina è attiva – cioè ha prodotto almeno una unità di output (al limite anche con difetto) – rispetto al tempo nel quale ne era stata pianificata l'attivazione, il *planned production time*.

Emerge in questo contesto un concreto esempio dell'ampiezza di scelte che devono affrontarsi nel calcolare una misura di OEE, se solo si pensa che il "tempo" con riferimento al quale si verifica lo svolgimento della produzione potrebbe essere una settimana, una giornata, un'ora, ecc.. Né la scelta di una o l'altra unità è neutrale sulla misura dell'OEE. In effetti, a parità di altre condizioni, minore è la durata di questo "tempo", minore potrebbe anche il risultato della misura di disponibilità e dunque dell'indice nel suo complesso<sup>13</sup>. Deve anche tenersi in considerazione il fatto che l'OEE è un indice composito, combinazione di più indici elementari. Dunque, nel selezionare l'unità di tempo presa come riferimento è importante che si disponga di dati di qualità elevata in modo sufficientemente omogenea rispetto a tutte le dimensioni coinvolte. Ciò tanto più se si intende compilare un'intera serie storica, come si farà nel presente paper, e non solo realizzare la fotografia dell'OEE in un singolo momento. La combinazione di queste riflessioni spinge a svolgere l'analisi prendendo come riferimento l'unità di tempo più breve tra quelle di cui si dispone di dati adeguati per l'intero periodo di interesse.

Ancora rispetto al "tempo", un ulteriore punto di riflessione riguarda l'anticipo col quale si è elaborata la previsione di produzione, il piano. Si considerino due esempi volutamente estremi. In un caso, il piano è aggiornato giornalmente. È plausibile attendersi che, salvo imprevisti dell'ultimo momento, se nel giorno  $d$  si è pianificata l'attivazione della macchina  $m$  nel giorno  $d+1$ , questo effettivamente avverrà. Non appare priva di fondamento la conclusione che utilizzare piani di

---

<sup>13</sup> Si consideri una macchina che opera su un turno di 8 ore per il quale era stata pianificata l'attività sia nel giorno  $d$  sia in  $d+1$ . A posteriori si rileva che nel primo dei due giorni la macchina ha effettivamente funzionato (prodotto) in 4 ore ed è rimasta ferma nelle altre 4, mentre nel secondo giorno la macchina è stata sempre ferma. Se il calcolo della misura di disponibilità è condotto su base giornaliera, il risultato sarà 50% (la macchina ha lavorato nel primo dei due giorni) mentre se viene condotto su base oraria il risultato sarà 25% (4 ore su un totale di 16 di attività pianificata).

produzione aggiornati ad alta frequenza si traduce in misure di disponibilità molte alte. Nel secondo esempio, il piano è aggiornato con una frequenza molto bassa, tipo ogni due anni. Va rimarcato in primo luogo che in contesti di questo genere il piano potrebbe rinunciare a fornire indicazioni esplicite su cosa produrre e con quali macchine in modo distinto per singola giornata (tantomeno per intervalli infragiornalieri). Si assuma tuttavia che il piano sia organizzato su dati giornalieri. Quindi, il piano aggiornato nel giorno  $d$  conterrà informazioni, per dire, sul giorno  $d+400$ . Si comprende bene che questa potrà essere al meglio un'indicazione di massima e una miriade di fattori potrebbero intervenire tra le due date alterando quanto ci si era proposti di fare. La conclusione qui è l'opposta di quella precedente: disponendo di un piano di produzione aggiornato a frequenza bassa o bassissima, il grado di rispondenza delle scelte effettivamente adottate nel singolo giorno o singola ora alle indicazioni poste nel piano si riduce, diminuendo così la misura calcolata di disponibilità.

In conclusione, appare plausibile ritenere che la frequenza di aggiornamento del piano di produzione determini effetti non neutrali sui risultati dell'OEE, di cui si dovrà tener conto in sede di valutazione dei risultati.

La misura di prestazione (*performance*) è il rapporto tra produzione effettiva e produzione potenziale. In uno stabilimento ben organizzato i dati sulla produzione effettiva dovrebbero essere generalmente disponibili con frequenza almeno giornaliera e sostanzialmente in tempo reale (poco dopo il termine delle lavorazioni). In linea di principio, facilmente determinabile è anche la produzione potenziale, poiché è il risultato delle specifiche tecniche della macchina. Ciò vale tuttavia nel caso di un parco macchine sufficientemente nuovo ovvero se gli investimenti in manutenzione sono stati di entità tali da mantenere sostanzialmente integra nel tempo la produttività delle macchine stesse. Per contro, se le macchine presentano un apprezzabile grado di invecchiamento, il potenziale di produzione andrà ricalcolato in modo realistico.

Altro elemento da considerare è il tempo effettivo di attivazione della macchina nella singola giornata. È di tutta evidenza che più lungo è questo tempo, ad esempio con ricorso a lavorazione straordinarie, maggiore è la produzione potenziale e, auspicabilmente, anche quella effettiva. Tutte queste variazioni di volume andrebbero adeguatamente considerate: nello spirito dell'OEE, un prolungamento dell'orario di lavoro non è di per sé un'indicazione di maggiore efficacia dell'azione gestionale (altro discorso è il fatto che la maggior produzione può consentire di ripartire su una base più ampia i costi fissi).

La misura di qualità (*quality*) è il rapporto tra il numero di pezzi prodotti conformi agli standard e il numero totale di pezzi prodotti. Apparentemente si tratta di una misura immediata, rilevata direttamente e non soggetta a procedure di stima o inferenza. Tuttavia, va tenuto presente che la conformità agli standard è il risultato di un processo di validazione che pressoché sempre ammette dei margini di tolleranza. La piena confrontabilità nel tempo della dimensione 'qualità' si ha dunque quando i margini sono rimasti inalterati nel tempo. Per inverso, sfruttando maggiormente questi margini si ottiene il risultato collaterale di incrementare la misura *headline* dell'OEE a parità di altre condizioni, se questo fosse considerato un obiettivo in sé, ma evidentemente non la reale efficacia dell'azione di gestione.

### 3.2 La compilazione di una serie dell'OEE per la stamperia della Banca d'Italia

Per la stamperia della Banca d'Italia serie storiche di dati di produzione sono disponibili su base giornaliera, a livello di singola macchina. Questi dati possono essere aggregati prima per fase di stampa – le fasi principali nella stampa di banconote sono quattro: offset, serigrafia, calcografia e numerazione – e quindi per la stamperia nel suo complesso<sup>14</sup>.

L'organizzazione dell'attività nella stamperia fa perno sulla redazione annuale di un piano di produzione, che specifica su base mensile e a livello di singola macchina il numero di giorni di attività e il totale della produzione (e dunque la resa media giornaliera prevista). Il piano non indica se in un determinato giorno la macchina debba essere attiva o meno e, nel primo caso, quale sia la produzione attesa per quella specifica giornata. Nel corso dell'anno sono possibili aggiornamenti del piano in presenza di rilevanti mutamenti di scenario.

Prendendo in prestito il gergo dei mercati finanziari, il piano si colloca in un'ottica "strategica", intendendosi lasciare la gestione "tattica" – quindi il funzionamento di dettaglio delle singole macchine nelle singole giornate – all'Unità di base direttamente coinvolta nella produzione stessa. In modo speculare, la verifica del raggiungimento degli obiettivi di produzione si realizza generalmente non su base giornaliera ma su periodi più lunghi: un primo controllo si esercita su base mensile mentre gli obiettivi negoziati con le organizzazioni sindacali sono definiti su base annuale.

Dato questo *framework*, si è proceduto nell'elaborazione dell'indice nel modo seguente.

Per la componente di disponibilità, si è dapprima calcolato un rapporto per ogni mese tra il numero di giorni di attività della singola macchina e il numero totale di giorni di apertura dello stabilimento nel mese stesso<sup>15</sup>. Si è quindi calcolato un rapporto complessivo del mese per la stamperia come media semplice – secondo l'approccio "Equipment OEE" discusso sopra – dei rapporti riferiti alle macchine attive nel mese per almeno il 25% delle giornate<sup>16</sup>.

Per la componente di prestazione, un dato di partenza è l'assunzione, nell'assetto corrente, di un potenziale standard di 210 pacchi, risultato di una produzione oraria a velocità ordinaria di 30 pacchi per un tempo effettivo di produzione di 7 ore<sup>17</sup>. D'altronde, l'eterogeneità nell'anzianità di servizio delle macchine rende non del tutto corretto applicare in modo indiscriminato una semplice misura da libro; per altro verso, come già accennato sopra, occorre depurare i dati effettivi di produzione dall'occasionale ricorso a prolungamenti dell'orario di attività con ore di straordinario nel calcolo dell'OEE. Si sono quindi adottati due accorgimenti per determinare un potenziale standard che si avvicini alla reale situazione delle macchine. Si è dapprima derivata una serie di dati giornalieri di produzione per macchina nella quale ai numeri superiori a 210 si è sostituito questo valore soglia, ipotizzando che produzioni più elevate riflettano orari più lunghi e non maggiore produttività oraria.

---

<sup>14</sup> L'esercizio si riferisce alla fase di stampa delle banconote mentre non include la successiva macrofase di taglio, selezione e confezionamento, che presenta caratteristiche diverse e che potrà essere esaminata in un successivo lavoro.

<sup>15</sup> In tutte le elaborazioni sono state considerate le attività svolte dal lunedì al venerdì nel periodo precedente il 5 marzo 2018 e dal lunedì al giovedì successivamente a questa data, dunque le sole giornate di attività ordinaria.

<sup>16</sup> Gradi di attività della singola macchina /singolo mese per valori inferiori a questa soglia, quindi in pratica per meno di una settimana appunto al mese, sono stati ritenuti poco rappresentativi. D'altronde, l'approccio di una misura *unweighted* proprio dell'Equipment OEE richiede cautela nel gestire dati potenzialmente erratici poiché derivati da poche osservazioni elementari.

<sup>17</sup> Il turno è di 9 ore nell'assetto attuale da cui devono dedursi tempi di avviamento della macchina e apprestamento dei materiali in apertura e tempi di pulizia della macchina stessa e contabilizzazione della produzione effettuata in chiusura. Ferma la produzione oraria, la produzione potenziale è stata opportunamente riparametrata per l'attività che si svolgeva prima del 5 marzo 2018, su due turni giornalieri.

Per quanto riguarda la possibile perdita di produttività della macchina derivante dalla sua anzianità di servizio, il potenziale è stato identificato col valore del 95° percentile delle osservazioni aggiustate per possibili prolungamenti orari invece che col valore “di targa” di 210 pacchi; i calcoli del percentile sono stati condotti in modo separato per il periodo prima del 5 marzo 2018 (data di avvio del nuovo assetto) e da questa data in poi<sup>18</sup>.

Per la componente di qualità si è tenuto conto dei soli scarti cd. diretti, rilevati direttamente nelle fasi di stampa, in particolare al termine della fase di calcografia<sup>19</sup>.

#### 4. Dati e statistiche descrittive

Negli anni dal 2014 al 2020 sono state attivate in totale 15 macchine per le quattro principali fasi di stampa considerate nell’analisi: 4 a testa nelle fasi di offset, serigrafia e calcografia, 3 nella fase di numerazione<sup>20</sup>. Si dispone così di una base dati di 11.981 osservazioni riferite a volumi giornalieri di produzione per singola macchina, distribuiti su 81 mesi. La produzione è misurata in pacchi<sup>21</sup>. L’inizio del campione, gennaio 2014, è stato scelto in modo da ottenere un periodo sufficientemente ampio precedente all’avvio del riassetto avvenuto nel marzo 2018. Di seguito si presentano dapprima le serie per le misure di disponibilità, prestazione e qualità e successivamente la serie dell’indice OEE.

*Misura di disponibilità.* Sull’intero campione il grado di disponibilità si attesta in media al 78,0%. La misura rivela una moderata tendenza al rialzo nel tempo ed esibisce una ampia variabilità, tra 5 e 10 punti percentuali (pp). Nella figura 1 si riporta oltre alla serie oggetto di esame e a una misura di variabilità della stessa, anche un “corridoio” ottenuto stimando il fit lineare e aggiungendo ovvero sottraendo una volta la misura dell’errore di stima del fit stesso<sup>22,23</sup>. Anche da una prima ispezione della figura si notano i due punti di minimo di luglio 2014 (53%), presumibilmente riflesso di una stagionalità estiva non del tutto anticipata nella pianificazione, e poi aprile 2020 (55%), quest’ultimo dato è da porre in diretta associazione con la pandemia considerato che in quel mese la stamperia operò con un’aliquota ridotta di personale (e quindi meno macchine attive di quanto era stato ipotizzato nel piano di produzione annuale). Per le ragioni illustrate sopra si è scelto di presentare questo dato, senza revisioni di sorta nella compilazione della serie.

---

<sup>18</sup> Il doppio turno in vigore prima del riassetto esprimeva un orario complessivo giornaliero di funzionamento della macchina ben più lungo di quello attuale, traducendosi così in volumi giornalieri di produzione per macchina ben superiori.

<sup>19</sup> Non sono stati considerati i cd. scarti indiretti di stampa – scarti realizzati nella fase di taglio e selezione, per caratteristiche imputabili alla stampa piuttosto che a difetti della fase di taglio in sé stessa – mancando una serie storica sufficientemente prolungata.

<sup>20</sup> In ognuno degli 81 mesi del campione selezionato si è registrata attività per le quattro fasi principali, mentre nelle ulteriori due fasi di olografia e verniciatura – non considerate nell’analisi – produzione vi è stata per 27 e 14 mesi.

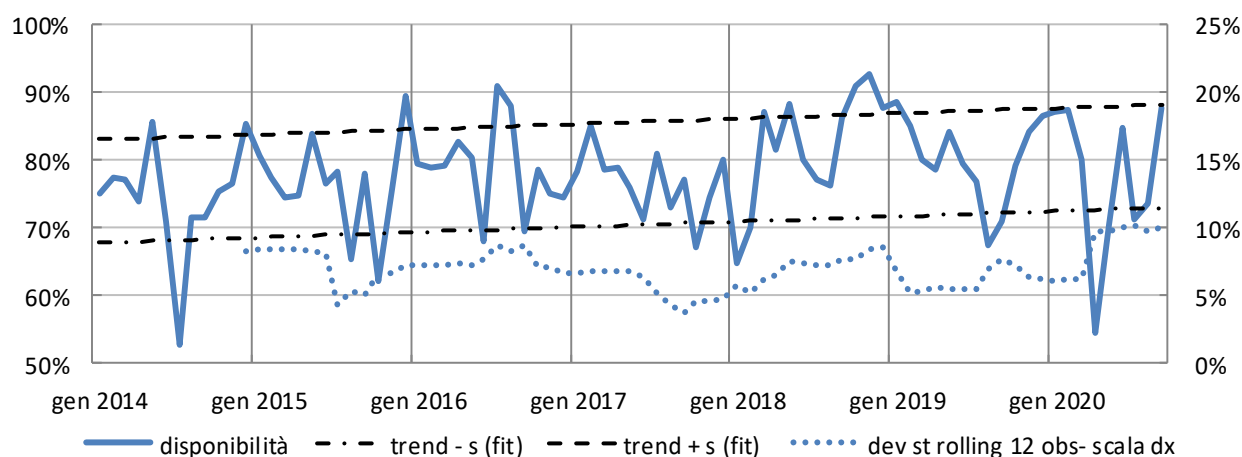
<sup>21</sup> Un pacco include 250 fogli. A sua volta un foglio è l’insieme di più biglietti, in numero da 40 a 60 (in funzione della denominazione del biglietto) che sono poi separati nella macrofase di taglio e selezione.

<sup>22</sup> La deviazione standard è calcolata su una finestra mobile (*rolling*) di 12 osservazioni mensili.

<sup>23</sup> Analoga struttura sarà seguita nelle successive figure 2 e 3.

Figura 1

**Misura di disponibilità (1)**  
(dati mensili)

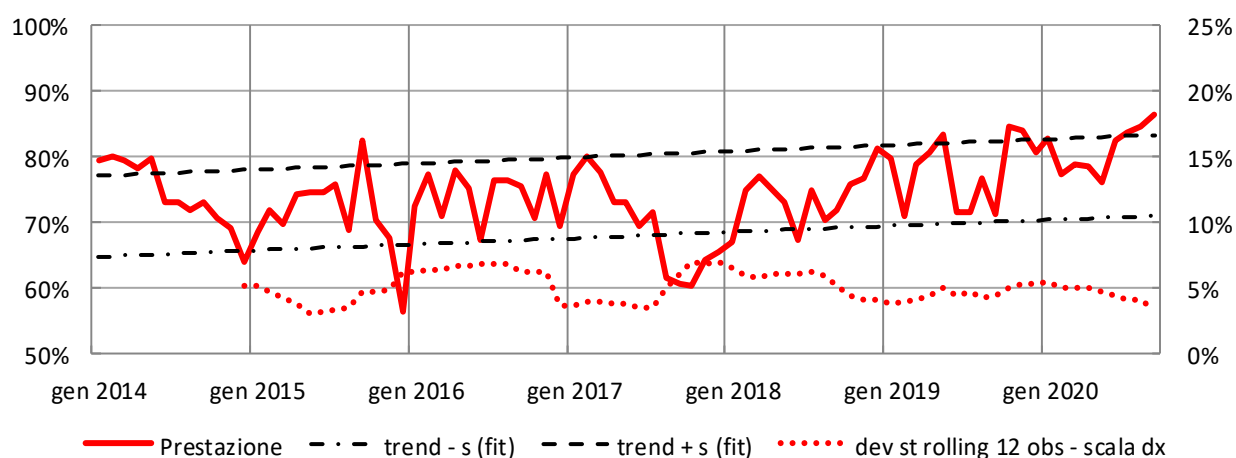


(1) Medie mensili di dati giornalieri, su macchine attive per almeno il 25% delle giornate nel mese. Le linee tratteggiate nere corrispondono al fit del modello  $\text{Disponibilità} = \alpha + \beta \times \text{Trend}$ , poi aggiungendo e sottraendo l'errore standard della stima. La linea tratteggiata blu è la deviazione standard della misura di disponibilità, rolling su 12 osservazioni.

*Misura di prestazione.* Anche questa variabile ha esibito nel complesso un andamento crescente nel tempo, sia pur in misura contenuta (Figura 2). Può notarsi che durante tutto il secondo semestre 2017 la misura di prestazione si collocò al di sotto del limite inferiore del corridoio, evidenza che invece non era emersa nella precedente misura di disponibilità. Dunque, in quel semestre difficile, le macchine erano regolarmente attive anche se la produzione restava contenuta. D'altronde, il ruolo che la motivazione e il coinvolgimento del personale possono svolgere si evidenzia, questa volta in positivo, nella fase più recente. Pur in un periodo di sicura difficoltà per via del COVID, i risultati produttivi si sono in più occasioni collocati anche oltre il livello superiore del corridoio.

Figura 2

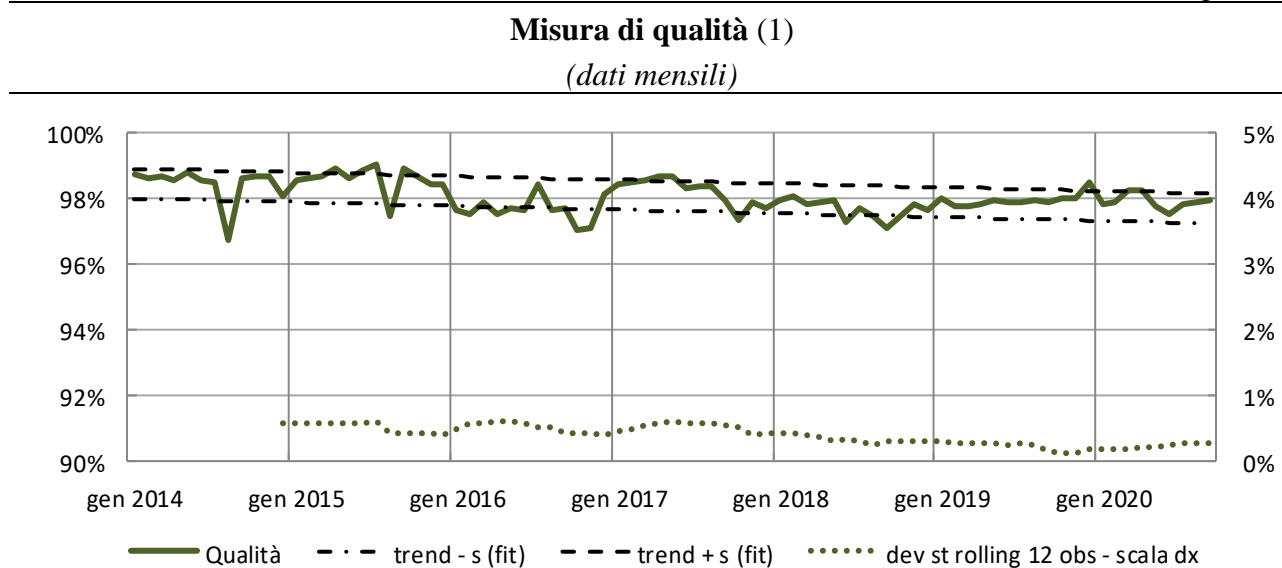
**Misura di prestazione (1)**  
(dati mensili)



(1) Medie mensili di dati giornalieri, su macchine attive per almeno il 25% delle giornate nel mese. Le linee tratteggiate nere corrispondono al fit del modello  $\text{Disponibilità} = \alpha + \beta \times \text{Trend}$ , poi aggiungendo e sottraendo l'errore standard della stima. La linea tratteggiata rossa è la deviazione standard della misura di disponibilità, rolling su 12 osservazioni.

*Misura di qualità.* La serie oscilla in un intervallo contenuto, con poche eccezioni il dato mensile si colloca tra il 97 e il 99%, seguendo un andamento lievemente decrescente (che si potrebbe ricondurre alla maggiore complessità tecnica e di “macchinabilità” della serie 2 delle banconote euro rispetto alla serie 1). Peraltro, questo andamento sembra essersi arrestato dal 2019 quando la misura si stabilizza intorno al 98% (Figura 3). La deviazione standard si colloca su valori molto limitati, storicamente ben inferiori a un punto percentuale.

Figura 3



(1) Medie mensili di dati giornalieri, su macchine attive per almeno il 25% delle giornate nel mese. Le linee tratteggiate nere corrispondono al fit del modello  $\text{Disponibilità} = \alpha + \beta \times \text{Trend}$ , poi aggiungendo e sottraendo l'errore standard della stima. La linea tratteggiata rossa è la deviazione standard della misura di disponibilità, rolling su 12 osservazioni.

*L'indice OEE.* La serie risultante dell'indice OEE è mostrata nella Figura 4. Anche una semplice ispezione visuale del grafico consente di identificare tre fasi ben distinte: (i) dal gennaio 2014 (prima osservazione) al luglio 2017; (ii) dall'agosto 2017 al febbraio 2018; (iii) dal marzo 2018 al settembre 2020 (termine del campione). In questi tre periodi l'OEE si è attestato rispettivamente su medie del 57%, 48% e 63%, differenze sicuramente ampie<sup>24</sup>. Nel contempo, aumenta fortemente l'autocorrelazione della serie a tutto beneficio della sua prevedibilità, almeno di breve termine: il coefficiente di correlazione tra la serie e la sua ritardata di primo ordine è misurato pari a 0,04 nel periodo (i) e pari a 0,40 nel periodo (iii)<sup>25</sup>.

All'interno del periodo (iii) è evidente, oltre alla già menzionata flessione della primavera 2020, anche un calo nei mesi di agosto e settembre 2019 quando si registrarono valori prossimi al 50%. Si ebbe dunque una stagionalità estiva più marcata di quanto si era anticipato nella pianificazione della produzione. Si era in effetti in una fase appena successiva al forte turn-over nel personale realizzato

<sup>24</sup> Le differenze tra le medie risultano statisticamente significative se si ha l'accortezza di adottare un minimo di smoothing della serie *raw*, ad esempio con medie mobili su 4 termini della serie mensile, per ridurre la volatilità ad alta frequenza nel dato mensile e ottenere misure più contenute di deviazioni standard per di diversi sotto periodi.

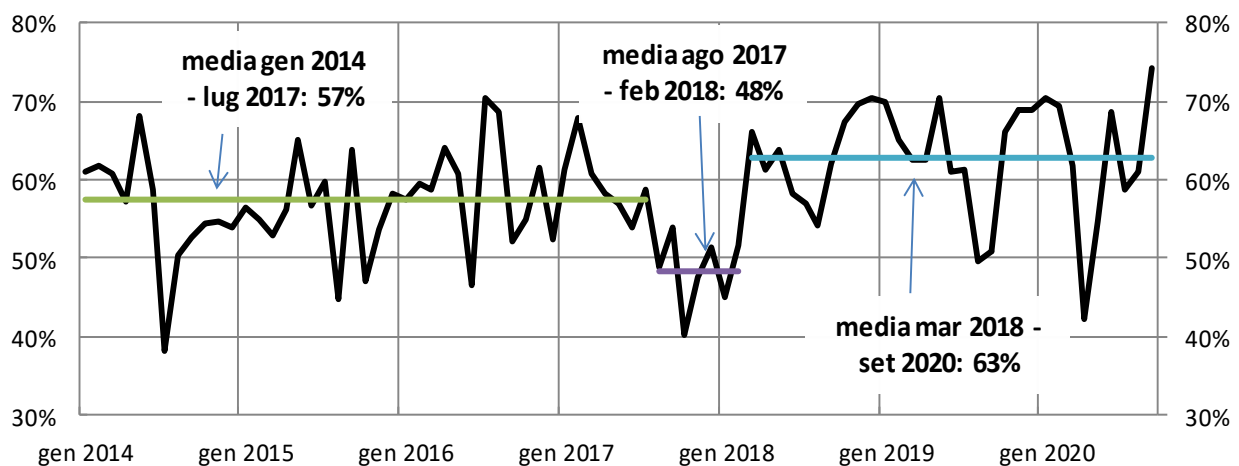
<sup>25</sup> L'autocorrelazione del primo ordine sale ulteriormente a 0,46 se dal calcolo si omettono i dati per i mesi di aprile e maggio 2020, di cui si è già discusso sopra.



tra la fine del 2018 e l'inizio 2019, con (parziale) sostituzione di personale di età più elevata e maggiore esperienza con personale di nuova assunzione specie nei ranghi della carriera operativa. In un momento quale quello delle ferie estive, con indici di presenza fisiologicamente più bassi della media annuale, tutto ciò si tradusse nella difficoltà di attivare il numero di macchine inizialmente preventivato. Ciò è confermato dalla scomposizione negli indici elementari in cui il calo è evidente nella sola misura di disponibilità e non in quelle di prestazione e qualità. In positivo, il fenomeno non si è ripetuto già nella successiva estate 2020. Dunque le lezioni apprese nel corso dell'anno precedente erano state incorporate nella pianificazione, che beneficiò anche di una crescita di esperienza nel frattempo maturata dal personale di più recente assunzione.

Figura 4

**L'indice OEE della stamperia (1)**  
(dati mensili)



(1) Il valore mensile dell'indice è il risultato dell'aggregazione di dati giornalieri dell'attività delle macchine di stampa, dei volumi prodotti nell'orario ordinario e della percentuale di prodotti conformi agli standard.

Per le ragioni delineate nell'introduzione val la pena di esaminare l'andamento dell'OEE nel tempo piuttosto che discutere se in assoluto il livello misurato in un dato momento sia "alto" o "basso". Appare tuttavia non privo di qualche significato che i valori ottenuti per la stamperia siano ben superiori alle misure di OEE proposte in due lavori sulla stampa industriale: Özveri, Kabak e Keleş (2016) riportano misure comprese tra 35 e 45%, Zahoor, Shehzad, Mufti, Zahoor e Saeed (2017) valori tra 34 e 40%<sup>26</sup>. Allo stesso tempo, l'OEE della stamperia della Banca si colloca in linea con quello dell'industria manifatturiera nel suo complesso, alla quale Rodrigues, Schetty e Shetty (2014) attribuiscono valori medi dal 63% al 71%<sup>27</sup>. Infine, si rileva che nel periodo più recente si

<sup>26</sup> In uno studio sulla stampa offset Moreira, Silva, Correia, Pereira, Ferreira e de Almeida (2018) registrano valori dell'OEE compresi tra il 68 e il 75%, numeri che si collocano nella medesima regione di quelli ottenuti per la stamperia della Banca nel periodo più recente. Il confronto ha validità però solo parziale poiché gli autori ora citati esaminano una singola fase di stampa rispetto alle quattro in sequenza – offset, serigrafia, calcografia e numerazione – considerate nel presente lavoro e ciò elimina gli effetti dei "colli di bottiglia" cui si è fatto riferimento prima nel testo, a tutto vantaggio del valore risultante dell'OEE.

<sup>27</sup> I risultati proposti da Özveri, Kabak e Keleş (2016) e Zahoor, Shehzad, Mufti, Zahoor e Saeed (2017) rispetto a quelli di Rodrigues, Schetty e Shetty (2014) sembrano anche suggerire la circostanza che il settore della stampa tenda ad essere associato a valori di OEE inferiori a quelli medi dell'industria manifatturiera nel suo complesso.

sono registrati più volte valori dell'indice della stamperia nell'ordine del 70%, prossimi ormai almeno al livello inferiore del corridoio 75-95% dei valori che definiscono la *world class* nel mondo manifatturiero.

Tornando all'identificazione delle tre fasi temporali della figura 4, deve rimarcarsi che si tratta di una scomposizione non puramente euristica, cioè non è una mera fotografia dei numeri. Piuttosto, essa registra fedelmente il passaggio dal precedente assetto produttivo (due turni giornalieri su cinque giorni la settimana) al corrente assetto (un turno prolungato su quattro giorni) con un periodo di cesura, la fase intermedia (ii), che coincide con la parte più intensa del confronto tra l'amministrazione della Banca e le organizzazioni sindacali che portarono appunto all'accordo<sup>28</sup>.

Un'evidenza di questo tipo solleva due questioni: in che misura può considerarsi ordinaria una flessione della resa produttiva, la misura di OEE nel caso specifico di questa ricerca, in una trattativa sindacale? Quali fattori possono aver contribuito all'innalzamento dell'indice nel passaggio dall'assetto precedente all'assetto corrente, le fasi (i) e (iii) sopra indicate?

Riguardo alla prima delle due questioni, può notarsi preliminarmente che la negoziazione tra direzione di un'azienda e rappresentanti delle organizzazioni sindacali costituisce parte di un sistema di relazioni di lavoro altamente regolarizzato in molti paesi ad economia avanzata. Ciò riconosciuto, resta una fase dagli esiti non sempre pienamente prevedibili e che alimenta una forte pressione, anche psicologica, su tutti i soggetti coinvolti nella negoziazione.

Può aggiungersi, volendo ricercare ulteriori evidenze, che dati su indici di presenza e sul numero di assemblee sindacali non registrano anomalie o salti quando si confronti il dato del 2017 con quello degli anni precedenti o successivi. Dunque la questione non si può presentare nei termini di minore attività delle macchine – d'altronde come già commentato sopra l'indice di disponibilità non presenta andamenti fuori norma nel periodo delle contrattazioni – quanto appunto una presumibile riduzione dell'*effort* in una fase di profonda incertezza.

Il confronto con le organizzazioni sindacali avvenuto nella stamperia della Banca d'Italia nel 2017 non si sottrae a questo quadro generale. Si potrebbe osservare che nel periodo non si registrarono scioperi ma questo dato non deve portare alla conclusione meccanica di una negoziazione priva di complessità. Diversi fattori possono condurre a uno sciopero e le cause esaminate dalla letteratura includono il clima culturale, il grado di fiducia reciproca, la qualità della leadership dell'azienda e delle organizzazioni sindacali. Resta per accettato che il principale fattore che conduce a uno sciopero è l'esistenza di attese divergenti tra le due parti sui risultati che lo sciopero stesso può apportare (Katz, Kochan, Colvin, 2015). Seguendo l'impostazione di Hicks (1932) lo sciopero è infatti la manifestazione di una profonda "*miscalculation*" delle parti sui possibili costi e benefici che un'azione del genere può determinare. Dunque, dall'assenza di scioperi durante il confronto del 2017 appare plausibile solo concludere che il set informativo al tempo disponibile alle due controparti non fosse eccessivamente eterogeneo; per contro, non sarebbero ben formulati giudizi sulla facilità del confronto solo per l'assenza di questa legittima forma di lotta.

Al di là del manifestarsi o meno dell'evento dello sciopero, è ben documentato l'impatto negativo di negoziazioni complesse sulla produzione anche in situazioni più generali. Mas (2008) attesta la minor qualità delle macchine costruite negli impianti Caterpillar nella fase di confronto sindacale degli anni '90, che si tradusse in minor prezzi di queste macchine. Krueger e Mas (2004) documentano

---

<sup>28</sup> La trattativa ebbe inizio nell'ottobre 2016 e si concluse, con la firma dell'accordo, il 18 dicembre 2017. L'esame delle proposte che poi vennero riprese, in larga parte, nel testo finale va collocato a partire dall'estate 2017.

l'incremento dei prodotti con difetti in impianti di pneumatici Bridgestone / Firestone in un contesto simile. Kleiner, Leonard e Pilarski (2002) conducono un'analoga ricerca nel contesto dell'industria di produzione di aeromobili. Un risultato specifico di quest'ultimo lavoro, rilevante anche rispetto a quanto illustrato nella figura 4 e già descritto sopra, è il rapido recupero dei livelli di produttività, in un periodo da 1 a 3 mesi, dopo il superamento della fase acuta del confronto<sup>29</sup>.

Dunque, la flessione dell'indice OEE rilevata nella stamperia della Banca nella seconda metà del 2017 si colloca in un contesto ben sperimentato e non può giudicarsi di per sé un'anomalia. Questo giudizio resta tuttavia su un piano qualitativo. Purtroppo, al meglio delle ricerche bibliografiche effettuate, non si dispone di lavori che propongono stime nell'andamento dell'OEE in contesti di ristrutturazione aziendale. Mancando elementi di confronto è dunque difficile valutare se la dimensione della flessione dell'indice, quasi dieci punti percentuali, sia grande, nella media o ancora minore di quanto in genere avvenga in altri contesti industriali.

Si possono tuttavia formulare due osservazioni. Primo, un indice quale l'OEE, che sintetizza in una sola misura l'andamento complessivo delle attività rispetto ai piani approntati piuttosto che una singola dimensione (produzione ovvero qualità ovvero tasso di presenza dei lavoratori o ancora grado di funzionamento delle macchine), appare particolarmente idoneo a misurare l'impatto di una negoziazione sindacale, considerato che le risposte dei lavoratori a una fase di stress sul loro futuro potrebbero assumere forme potenzialmente molto diverse (minore impegno, applicazione stretta delle procedure in modo strumentale per ridurre la produzione, maggiore assenteismo<sup>30</sup>, ecc.).

Secondo, il rapido recupero dell'indice una volta firmato l'accordo nel dicembre 2017 è in linea con i risultati di Kleiner, Leonard e Pilarski (2002) citati sopra.

## 5. Stime econometriche

Si presentano di seguito i risultati di alcune stime econometriche di modelli nei quali l'indice OEE è la variabile dipendente. Le stime coprono il periodo gennaio 2014 – settembre 2020 per un totale di 81 osservazioni. I risultati sono nella tavola 1 a pagina 16.

Nei diversi modelli un contributo sempre altamente significativo alla spiegazione dell'andamento dell'indice è offerto dalla variabile “continuità macchine”, una serie compilata come differenza tra la misura di disponibilità già descritta sopra con l'analoga misura ottenuta, a esito di un esercizio controfattuale assumendo una continuità nell'utilizzo delle macchine<sup>31</sup>. Questa misura racconta dei margini di progresso nell'indice che si potrebbero registrare contenendo i fermi delle macchine, per guasti o manutenzione ordinaria. Inoltre, essa pone in evidenza che in un sito industriale il cui

---

<sup>29</sup> Più ampi riferimenti bibliografici sull'impatto di negoziazioni sindacali sulla produttività e qualità della produzione sono nella letteratura citata dai tre lavori ora menzionati nel testo.

<sup>30</sup> Un tasso di maggior assenteismo potrebbe riflettere tanto un minor livello di motivazione quanto un genuino maggior malessere psicofisico. Il nesso tra negoziazioni sindacali e parametri fisici rilevati sul personale, ad esempio la pressione sanguigna, è documentato in MacBride, Lancee e Freeman (1981) e Bluen e Jubiler-Lurie (1990). Più in generale, si dimostra esistere una relazione diretta tra clima aziendale e risultati (Bartel, Freeman, Ichniowski e Kleiner, 2003).

<sup>31</sup> Si consideri il seguente esempio. I dati storici indicano che nei giorni 1 e 2 sono state attivate le macchine A e B, poi nel giorno 3 le macchine A e C, quindi nel giorno 4 la sola macchina A e infine nel giorno 5 le macchine B e C. Nell'esercizio controfattuale si calcola l'indice di disponibilità assumendo la seguente sequenza di utilizzo delle macchine: giorni 1, 2, 3 e 5: A e B; giorno 4: A.

processo è organizzato su più macchine in parallelo per fase produttiva la possibilità di attivare alternativamente le diverse macchina si traduce in una misura dell'OEE più bassa, a parità di altre condizioni, rispetto a un sito che dispone di una macchina per fase. Emerge così una volta di più anche l'importanza sul non soffermarsi troppo sul valore *headline* dell'indice, magari facendo confronti tra contesti differenti e solo parzialmente paragonabili, mentre ben maggiore robustezza e significatività possono aver confronti condotti nel "tempo".

La variabile dummy "trattativa 2017" risulta statisticamente significativa con una misura di 0,08-0,09. Dunque a parità di altre condizioni, l'indice OEE della stamperia subì una flessione di quasi 10 punti percentuali nella seconda metà del 2017.

Si verifica poi l'effetto della riorganizzazione con la variabile dummy "nuovo assetto", che assume valore 1 dal marzo 2018 in poi, ovvero con le variabili "Neoaddetti, totale" e "Neoaddetti, di cui operai" che misurano i nuovi ingressi nella stamperia, per assunzioni o trasferimenti interni, dall'agosto 2018<sup>32</sup>. Tutte e tre queste variabili danno un contributo significativo e il loro coefficiente è statisticamente maggiore di zero (per ragioni di elevata correlazione tra loro si possono provare una per volta).

Seguono due variabili che misurano la frequenza di fermi delle macchine attive nel mese, per diverse durate: "fermi 1-2 gg" e "fermi 3-7 gg". Solo la seconda delle due variabili risulta stabilmente significativa nei diversi modelli; d'altronde, un fermo di 1 o 2 giorni non è segnale, in genere, di un guasto ma più tipicamente di un'attività di manutenzione ordinaria, quale può essere la sostituzione di componenti della macchina soggetti a rapida usura nel processo di stampa, che vanno sostituite a intervalli regolari. Per contro, fermi di durata più prolungata sono effettivamente evidenza di guasti. La stima del coefficiente della variabile "fermi 3-7 gg" prossima a -0,10 dice che già dimezzando la frequenza di questi guasti l'OEE potrebbe salire di 5 punti percentuali.

I diversi modelli si completano con variabili dummy che misurano la stagionalità estiva e l'effetto della pandemia nel 2020. Si nota dapprima che mentre la variabile associata al mese d'agosto negli anni dal 2014 al 2017 ("ago 2014-2017") non è statisticamente significativa, il risultato opposto si registra quando si intercetta lo stesso mese negli anni dal 2018 in poi ("ago 2018-2020"), cioè post riassetto. Va qui tenuto presente che uno dei pilastri della riorganizzazione fu una sensibile riduzione del numero complessivo del personale operaio della stamperia. Evidentemente in anni precedenti, la maggior disponibilità di questo personale consentiva di gestire con maggiore fluidità le assenze per ferie estive. Riguardo alla pandemia, si conferma la forte riduzione dell'indice nei mesi di aprile e maggio 2020 ("apr-mag 202") quando la stamperia operò con aliquote limitate di personale, attive su rotazione secondo il criterio degli *split teams*. Per contro, dopo la firma di accordi con organizzazioni sindacali della fine di maggio e la possibilità di uno svolgimento quasi ordinaria della produzione – secondo uno stringente protocollo sanitario – l'indice OEE non registra più sensibili flessione e la stima del coefficiente della dummy associata ai mesi da giugno 2020 risulta non statisticamente diverso da zero.

---

<sup>32</sup> Peraltro, la correlazione tra la variabile "continuità macchine" e le variabili che misurano la frequenza dei fermi, "fermi 1-2 gg" e "fermi 3-7 gg" è pari solo a, rispettivamente, 0,14 e 0,11. Sul piano econometrico ciò esclude forme di multicollinearità. Sul piano più generale di interpretazione dei risultati, ciò suggerisce che questa componente di sovrapposizione nel segnale fornito dalle variabili ora in esame è limitato.

<b>Stime: variabile dipendente = OEE (1)</b>					
<i>(dati mensili; campione = gennaio 2014 – settembre 2020)</i>					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
costante	0,64**	0,63**	0,64**	0,64**	0,64**
continuità macchine	0,39**	0,39**	0,35**	0,38**	0,39**
trattativa 2017	-0,09**	-0,08**	-0,09**	-0,09**	-0,09**
Neoaddetti, totale	0,0006**			0,0007**	0,0007**
Neoaddetti, di cui operai		0,0008**			
Nuovo assetto			0,05**		
fermi 1-2 gg	-0,01*	-0,02	-0,01	-0,03	-0,03
fermi 3-7 gg	-0,12**	-0,12*	-0,12*	-0,09*	-0,09*
ago 2014-2017				-0,02	
ago 2018-2020				-0,08*	-0,08*
apr – mag 2020	-0,15**	-0,13**	-0,15**	-0,16**	-0,16**
giu – set 2020					0,004
Numero osservazioni	81	81	81	81	81
R <sup>2</sup>	0,47	0,48	0,48	0,51	0,45
s.e. di regressione	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

(1) Stime OLS.. \* / \*\* stime significative alla soglia del 5% / 1%.

Legenda variabili. Continuità macchine: differenza tra misure dell'indice di disponibilità calcolato sui dati direttamente disponibili e sui dati di un esercizio controfattuale in cui si concentra l'utilizzo delle macchine. Neoassunti: numero di nuovi addetti della stamperia (per effetto di assunzioni o trasferimenti) dall'agosto 2018, totale e di cui operai. Fermi 1-2 (3-7) gg: media mensile di fermi di 1-2 (3-7) gg per macchina attiva nel mese. Nuovo assetto: variabile dummy che assume valore 1 dal marzo 2018 e 0 in precedenza. Le residue variabili – ago 2014-2017, ago 2018-2020, apr-mag 2020, giu-set 2020 – sono anch'esse dummy che assumono valore 1 con significato evidente.

## 6. Conclusioni

Nel lavoro si è presentata una serie dell'indice di Overall Equipment Effectiveness (OEE) per la stamperia delle banconote in Banca d'Italia. I dati presentati sono osservazioni mensili dal gennaio 2014 al settembre 2020.

Disporre di una misura di OEE rappresenta un segno di gestione moderna di un impianto industriale; ciò a maggior ragione quando si può verificare l'andamento del tempo di questa misura sulla base di una serie storica sufficientemente lunga. Altro elemento importante è la relativa semplicità con la quale l'indice potrà essere aggiornato via via che nuove osservazioni si renderanno disponibili.

Con il riassetto della stamperia attuato nel marzo 2018 l'OEE è cresciuto di 6 punti percentuali rispetto alla fase precedente, con medie per i periodi pre e post assetto rispettivamente del 57% e 63%. L'andamento dell'indice nel periodo più recente ha registrato in più occasioni valori prossimi e anche superiori al 70%, avvicinandosi così alla fascia cd. di *world class* che la letteratura colloca dal 75% al 95%.

Il riassetto della stamperia ha avuto riflessi positivi sull'OEE, anche grazie al positivo apporto fornito dall'ingresso di nuovi addetti – tecnici, amministrativi e personale tecnico operativo – nel

contesto di un ampio turnover del personale che ha ridotto l'età media della compagine. Un riflesso indiretto di questa operazione, che ha comportato anche una riduzione netta del totale degli addetti della stamperia oltre che importanti flussi lordi in entrata e uscita, è stata la maggiore difficoltà di presidiare in modo completo l'attività di produzione nel momento di maggior concentrazione delle ferie estive.

Infine, nel lavoro si è scelto di presentare i dati senza introdurre modifiche nella metodologia di elaborazione anche per i mesi dell'emergenza sanitaria connessa al COVID-19: da metà marzo 2020 a fine maggio la stamperia dovette prima fermare del tutto la produzione (in connessione con il *lock-down*) e poi operare su ritmi ridotti ruotando il personale su *split teams*. Non deve quindi sorprendere la forte flessione registrata dall'indice nei mesi di aprile e maggio 2020, in particolare nella componente di disponibilità dato che chiaramente un numero di macchine inferiore all'ordinario fu operativo in quel periodo. Sia la semplice ispezione dell'andamento della serie (figura 4) sia le stime econometriche confermano che da giugno 2020 l'indice si è collocato nuovamente su livelli quantomeno paragonabili a quelli ordinari, se non superiori, attestando una forte resilienza pur in un contesto di particolare difficoltà.

## Bibliografia

- Bartel A., R. Freeman, C. Ichniowski e M. Kleiner (2003), "Can a Work Organization Have an Attitude Problem? The Impact of Workplaces on Employee Attitudes and Economic Outcomes". NBER Working Paper, no. 9987.
- Bluen S.D. e V.G. Jubiler-Lurie (1990). "Some Consequences of Labor-Management Negotiations: Laboratory and Field Studies". *Journal of Organizational Behavior*, 11(2), 105-118.
- Braglia M., Frosolini M. e F. Zammori (2009). "Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to assess systems performance". *Journal of Manufacturing Technology Management* 20(1), 8-29.
- Cesarotti V., A. Giuiusa e V. Inrona (2013). Using Overall Equipment Effectiveness for Manufacturing System Design. In: *Operations Management*. Ed. Massimiliano Schiraldi.
- Hicks J.R. (1932). *The Theory of Wages*. New York: Macmillan.
- Kabak, M., Ç. Keleş e O. Özveri (2016). "Different OEE Approaches Analysis of Applicability in Printing Sector". In: *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*.
- Katz, H.C., T.A. Kochan e A.J.S. Colvin (2015). "The negotiations process and structures". In: *Labor relations in a globalizing world*. Ithaca, NY: ILR Press.
- Kleiner M.M., J.S. Leonard e A.M. Pilarski (2002). "How Industrial Relations Affect Plant Performance: The Case of Commercial Aircraft Manufacturing." *Industrial and Labor Relations Review*. 55(2), 195–218.
- Krueger A.B. e A. Mas (2004). "Strikes, Scabs and Tread Separations: Defective Bridgestone/Firestone Tires". *Journal of Political Economy*, 112(2), 253-289.
- MacBride, A., W. Lancee e S.J.J. Freeman, (1981). "The psychosocial impact of a labour dispute". *Journal of Occupational Psychology*, 54, 125-133.
- Mas A. (2008). "Labour Unrest and the Quality of Production: Evidence from the Construction Equipment Resale Market". *The Review of Economic Studies*, 75(1), 229-258.
- Moreira A., F.J.G. Silva, A.I. Correia, T. Pereira, L.P. Ferreira e F. de Almeida (2018). "Cost reduction and quality improvements in the printing industry". In: *Proceedings of the 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*.
- Nakajima S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge, Mass. (USA): Productivity Press.
- Rodrigues L.L.R., P.K. Shetty e R. Shetty (2014). "Overall Equipment Efficiency and Productivity of a News Paper Printing Machine of a Daily News Paper Company - A Case Study". *International Journal of Engineering Practical Research (IJEPR)*, 3(1).
- Zahoor S., A. Shehzad, N.A. Mufti, Z. Zahoor e U. Saeed (2017). "Overall equipment efficiency of Flexographic Printing process: A case study". In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 272.