



**MONTE
DEI PASCHI
DI SIENA**
BANCA DAL 1472

Behavioural Models of IRRBB and Liquidity Risk

**Proposta di affinamento dell'approccio
comportamentale sui NMDs e adozione del framework
di back-testing**

Comitato Gestione Rischi del 19 Dicembre 2018

Direzione Chief Risk Officer

Executive Summary

Ambito ed obiettivi del documento

□ Nell'ambito del Rischio di Liquidità e di IRRBB gli approcci comportamentali rappresentano una componente fondamentale e strategica della misurazione dell'esposizione a rischio. I prodotti bancari che presentano caratteristiche differenti rispetto alle quelle contrattuali sono principalmente i seguenti:

- 1) *Non-maturity Deposits (NMDs)*: ovvero poste a vista che manifestano storicamente una notevole persistenza in termini di volumi e i cui tassi di interesse evidenziano una certa elasticità alle variazioni dei tassi di mercato;
- 2) *Mutui e Obbligazioni/Depositi a tempo*: ovvero prodotti che inglobano l'opzione, esercitabile dal cliente, di rimborso anticipato rispetto alla naturale scadenza contrattuale in presenza o assenza di penale.

□ Il presente documento è relativo ad una proposta di affinamento dell'attuale approccio NMDs, punto 1), che non determina impatti rilevanti nella misura di rischio. Si riporta inoltre anche la ricalibrazione annuale dei parametri del modello che presenta invece impatti rilevanti sul *risk profile*. Poiché la casistica rappresenta un *Material Model Change* perché riferita a modelli critici/strategici di gestione del rischio, è richiesto, come previsto dalla Direttiva di Gruppo in materia di Gestione del Rischio Modello (1030D02357), l'approvazione da parte del *Consiglio di Amministrazione*, previo rilascio di parere favorevole da parte del *Comitato Gestione Rischi*, acquisito anche il parere della *Funzione di Convalida*.

□ In riferimento al punto 2) Mutui sono in corso di finalizzazione le attività di ridefinizione dell'approccio di *prepayment risk*; le prime stime evidenziano un impatto che mitiga parzialmente gli effetti della ricalibrazione sui NMDs. Si richiede che l'entrata in vigore delle modifiche sui NMDs avvenga in concomitanza con l'approvazione delle variazioni sul *prepayment* e comunque nell'ambito del *RAS 2019*.



Executive Summary

Sintesi dell'attuale approccio di stima dei NMDs e primo affinamento approccio volumi

- ❑ Il Gruppo Montepaschi, in linea con la quasi totalità del sistema bancario italiano, già a partire dal 2005 ha adottato l'approccio di stima comportamentale dei *NMDs* (approccio *Prometeia*) basato su due modelli calibrati indipendentemente:
 1. approccio **volumi** con la finalità di quantificare la *stabilità* dei NMDs in termini di liquidità;
 2. approccio **tassi** con l'obiettivo di determinare una stima dell'*elasticità* dei tassi dei NDMs, identificando la loro variabilità alla variazione dei tassi di interesse di mercato di breve termine (Euribor 1 mese).
- ❑ L'approccio volumi viene impiegato nella determinazione delle misure gestionali (*) del Rischio di Liquidità sia per il breve termine, con lo stress test gestionale del *sight deposit run-off*, sia per il medio-lungo termine nelle misure di *gap ratios*.
- ❑ La combinazione dei due approcci invece conduce alla stima della *vischiosità* dei *NMDs* al fine di determinare l'esposizione dell'aggregato a vista in termini di IRRBB contribuendo alla sensitivity del *Net Interest Income* (NII) e dell'*Economic Value of Equity* (EVE).
- ❑ Nel corso del 2017, il Gruppo ha profondamente rivisto l'approccio volumi in quanto gli aggregati NMDs sia di raccolta sia di impiego presentavano dinamiche, soprattutto negli ultimi anni, non più coerenti con le assunzioni sottostanti il modello.
- ❑ L'approccio rivisto è entrato poi in vigore a partire dalle rilevazioni di rischio a consuntivo di Marzo 2018 nell'ambito del RAS 2018.

(*) Le misure regolamentari di LCR e NSFR non accettano approcci gestionali sui depositi ma richiedono l'applicazione di percentuali prestabilite.



Executive Summary

Audit findings sul modello NMDs

- L'attività di Revisione, svolta dalla Funzione Audit nel secondo trimestre del 2018, ha evidenziato il puntuale rispetto delle assunzioni per l'applicazione del modello rivisto nel 2017 nella maggior parte dei segmenti del passivo, ovvero dove si concentra la sensitivity EVE e NII dell'IRRBB e la contribuzione allo stress test di liquidità ed all'equilibrio strutturale per i gap ratios.
- L'attività di Revisione, però, ha rilevato il mancato rispetto delle assunzioni per una parte rilevante dei cluster dei impieghi ed ha, di conseguenza, definiti i seguenti *findings* :
 - **NMDs passivi:** trattamento ulteriore di alcune serie per la verifica rigorosa delle assunzioni di base:
 1. *modello Volumi raccolta* (Rilevanza Media, scadenza 31/12/2018). L'assunzione alla base del modello statistico non è rigorosamente rispettata per il 25% dei volumi complessivi (KC, PMI, Private e SB). Nel caso del cluster Private l'approssimazione può essere comunque ritenuta accettabile.
 - **NMDs attivi:** individuazione di metodologie statistiche maggiormente consistenti e robuste.
 1. *modello Volumi impieghi* (Rilevanza Alta, scadenza 31/12/2018). L'assunzione alla base del modello statistico non è rispettata per i cluster KC, PMI, Private e SB che rappresentano il 95% dei volumi complessivi degli impieghi (di cui SB incide per circa il 43%).
 2. *modello Tassi Impieghi* (Rilevanza Bassa, scadenza 31/12/2018). Il modello ECM utilizzato per il cluster KC-Impieghi non si adatta adeguatamente al fenomeno osservato, dal momento che include un parametro non significativo (intercetta).



Executive Summary

Sintesi delle proposte di affinamento dell'approccio comportamentale sui NMDs

□ Le proposte di affinamento dell'attuale approccio contenute nel presente documento sono le seguenti:

1. Affinamento Stress Test (Liquidity risk):

- variazione dello scenario di *sight deposit run-off* (1.P.1. - short-term liquidity stress test) considerando costanti i volumi dei NMDs attivi nell'orizzonte temporale dell'esercizio (1 anno).

2. Affinamento NMDs:

- Approccio volume (Liquidity risk e IRRBB):
 - per i NMDs passivi – cluster KC, PMI e SB – si propone la destagionalizzazione delle serie storiche mentre per il cluster Private si propone un approccio semplificato di letteratura;
 - per i NMDs attivi – tutti cluster – si propone la calibrazione dell'attuale approccio sulla serie storica solo *performing* mentre per la modellizzazione della quota parte scaduta/UTOP, si propone un approccio di stima di tipo *credi risk* basato su *Danger Rate/Cure Rate* e *Loss Given Default* (LGD);
- Approccio tasso (IRRBB): sospensione dell'approccio tasso sugli impieghi con l'adozione di una stima contrattuale dell'elasticità per mutate condizioni di mercato (tassi decrescenti e livelli molto bassi).

□ L'entrata in vigore dell'approccio proposto, prevista dal 2019, comprende anche l'introduzione del framework di backtesting per la verifica dalle *performance*.



Executive Summary

Analisi degli impatti degli affinamenti proposti su Rischio di Liquidità e IRRBB

La tabella seguente riporta gli impatti (differenze rispetto all’attuale *risk profile*) sulle misure di Rischio di Liquidità e IRRBB.

	Liquidity Risk							IRRBB (dati espressi in €/mln)							
	Metrica		Valore al 30/09	Impatti				Valore con impatto	Metrica		Valore al 30/09	Impatti			Valore con impatto
				Affinamento stress test	Affinamento NMDs	Ricalibrazione NMDs	Totale impatto					Affinamento NMDs	Ricalibrazione NMDs	Totale impatto	
Short Term	Time-to-survival (tts)		125 gg	-16 gg	0 gg	-5 gg	-21 gg	104 gg	Delta NII	(+100bps)	214	-1.6	-4.7	-6.3	208
										(-100bps)	-187	-0.1	38.8	38.7	-148
Medium/Long Term	Gap Ratio	1Y	119%		1%	1%	2%	121%	Delta EVE	(+100bps)	211	2.3	111.7	114.0	325
		3Y	89%		1%	4%	5%	94%		(-100bps)	-115	8.9	-145.7	-136.8	-252

- Per il Rischio di Liquidità è evidente che gli impatti da *Affinamento NMDs* sono contenuti a differenza di quelli relativi all’*Affinamento stress test* (per il breve termine) e alla *Ricalibrazione NMDs* (dinamiche di volumi più stabili rispetto alla precedente calibrazione).
- Gli impatti osservati sulle misure di IRRBB sono concentrati sulla *Ricalibrazione NMDs* dell’EVE e sono determinati da un doppio effetto: maggiore stabilità dei volumi da un lato e dall’incremento degli stock dall’altro. Quest’ultimo è presente in quanto per l’approccio di determinazione delle quote stabili e del conseguente decalage nelle precedenti ricalibrazioni era stato adottato il valore assoluto e non il dato in percentuale. Si propone l’adozione del decalage in percentuale anche per l’IRRBB al fine di ridurre *cliff effect* per le future ricalibrazioni.
- Le variazioni metodologiche in corso di finalizzazione sul *prepayment risk* evidenziano impatti che possono avere l’effetto di mitigare la ricalibrazione NMDs. Per evitare distorsioni nella gestione del rischio si propone l’adozione contestuale dei due approcci.



Affinamento dell'approccio di stima dei NMDs

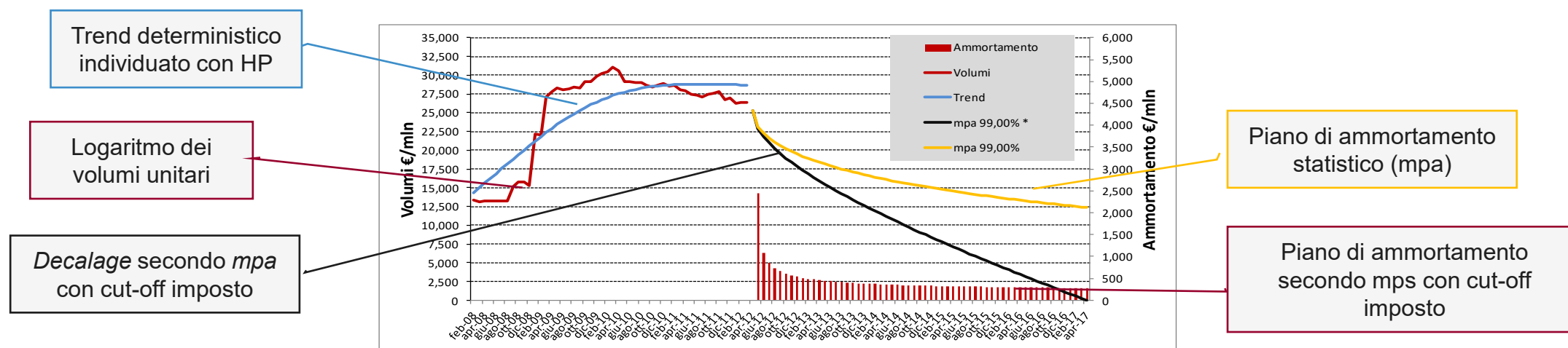
Proposta di affinamento dell'attuale approccio volumi e adozione di un approccio contrattuale per la stima dell'elasticità sugli impieghi



Percorso di evoluzione dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

Approccio «storico» di stima: overview

- ❑ Dal 2005 il Gruppo MPS ha adottato un approccio di stima comportamentale sui NMDs per il Rischio di Liquidità e di IRRBB, proposto da Prometeia e adottato dalla quasi totalità del sistema bancario italiano, basato da un lato dall'approccio *Bond Portfolio Replication* (*Bond Replica*) per la stabilità dei volumi e dall'altro un modello tassi (*Error Correction Model*, ECM) per la stima dell'elasticità.
- ❑ L'approccio volumi, in particolare, ipotizzava la stazionarietà dei log-volumi dei NMDs attorno ad un *trend* stimato in modo deterministico. Il trend veniva individuato sulla base della serie storica attraverso l'applicazione del filtro statistico di *Hodrick-Prescott* (HP). Il parametro λ del filtro, noto come *penalty*, era stato fissato *arbitrariamente* a 14.400.
- ❑ La proiezione dei volumi avveniva poi seguendo l'approccio di *Minimum Probable Amount* fino ad un *cut-off* stabilito in maniera qualitativa.



Percorso di evoluzione dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

Approccio «storico» di stima: principali criticità e sintesi del approccio Random Walk

- ❑ L'approccio volumi nel corso degli ultimi anni ha manifestato diversi problemi di robustezza: gli strumenti di diagnosi hanno fatto emergere una generalizzata inadeguatezza dell'approccio ad ottenere un *fitting* appropriato della serie storica.
- ❑ L'instabilità da un lato ma anche la soggettività nella scelta dei parametri (penalty e cut-off) che condizionavano fortemente il profilo di persistenza, ha portato prima alla sostituzione con un approccio per percentuali di LCR-NSFR per il Rischio di Liquidità (2015) e poi ad un'attività di revisione complessiva nel 2017 (cfr. Comitato di Basilea del 26/10/2017):
 1. L'analisi di concentrazione dei cluster ha imposto l'adozione del logaritmo dei volumi complessivi al posto del logaritmo dei volumi unitari.
 2. L'analisi dei break strutturali nella serie dei log-volumi complessivi ha suggerito l'utilizzo della serie storica successivamente all'integrazione di BAV e di BT ovvero da Marzo 2009.
 3. Eliminazione del trend deterministico con l'adozione di un processo stocastico di tipo *random walk* imponendo un vincolo al drift per evitare la crescita dei volumi.
 4. Adozione del tempo medio di sopravvivenza (*mean-life*) secondo un approccio statistico (*survival analysis*).



Percorso di evoluzione dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

Approccio di stima Random Walk: analisi di fitting del modello volumi

- ❑ Gli interventi appena descritti sono stati rilasciati in produzione a partire da Marzo 2018, in corrispondenza dell'entrata in vigore del RAS 2018, sia per il Rischio di Liquidità sia per l'IRRBB.
- ❑ I test statistici di verifica delle ipotesi di *Random Walk* sono stati i seguenti:
 1. Analisi di stazionarietà delle differenze prime secondo *Dickey-Fuller* al fine di verificare che la serie dei log-volumi sia $I(1)$.
 2. Test di Box-Pierce e Ljung-Box per verificare l'assenza di correlazione dei residui.
 3. Test di Shapiro-Wilk, Jarque-Bera, Anderson-Darling e Kolmogorov-Smirnov per la verifica della normalità dei residui.
- ❑ Gli strumenti di diagnosi sopra elencati hanno evidenziato, in generale, una buona capacità di rappresentazione delle serie storiche soprattutto per la raccolta, pur manifestando alcune imperfezioni su alcuni cluster, principalmente sugli impieghi.
- ❑ I cluster interessati da tali criticità rappresentavano, però, una parte meno rilevante in termini di contribuzione all'equilibrio strutturale e di sensitivity per l'IRRBB.
- ❑ La *First Time Adoption* del nuovo approccio, vista la necessità dell'evoluzione metodologica rispetto all'approccio Prometeia, ha privilegiato l'**uniformità** e la **semplicità** di adozione comune per tutti i cluster sia di raccolta sia di impiego anche se, come detto, era evidente la necessità di effettuare ulteriori approfondimenti.
- ❑ Le analisi ulteriori sono state anche richieste a seguito dell'attività di revisione sul modello NMDs condotto dalla Funzione di Audit Interno.



Proposta di affinamento dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

Revisione IRRBB: audit findings su modello volumi

❑ La Revisione Interna, nell'exit meeting del 6/7/2018 della revisione IRRBB 2018, ha evidenziato alcune criticità presenti nel modello in vigore con la conseguente apertura di 2 gap relativi al modello dei volumi:

1. NMDs raccolta: per i cluster della raccolta (KC, PMI e SB) per i quali le assunzioni alla base del modello non sono rispettate si richiede un trattamento della serie che consenta di accettare tali ipotesi.
2. Per il cluster Private si richiede un attento monitoraggio dell'assunzione di Random Walk (*rilevanza media, scadenza 31/12/2018*).
3. NMDs impiego: per i cluster per i quali le assunzioni alla base del modello non sono rispettate si richiede di individuare metodologie statistiche consistenti e robuste (*rilevanza alta, scadenza 31/12/2018*).

❑ Per i cluster *Key Client*, *PMI* e *Small Business* si propone la sola *destagionalizzazione* delle serie storiche che consente di ottenere la significatività statistica.

❑ Il cluster Private presenta peculiarità tali da richiede un approccio semplificato di letteratura, adottato anche dalla ECB per la calibrazione delle percentuale di deflusso dei depositi nell'ambito dell'esercizio di stress sulla liquidità (LiST 2019).

B

Le analisi condotte sulle serie storiche dei volumi hanno evidenziato gli effetti distorsivi delle dinamiche creditizie (passaggio da bonis a default non *bad loans*) nella fase di calibrazione e di applicazione dell'approccio. Viene proposta la scomposizione delle serie storiche considerando il solo performing e adottando un approccio dedicato per la parte in Default.

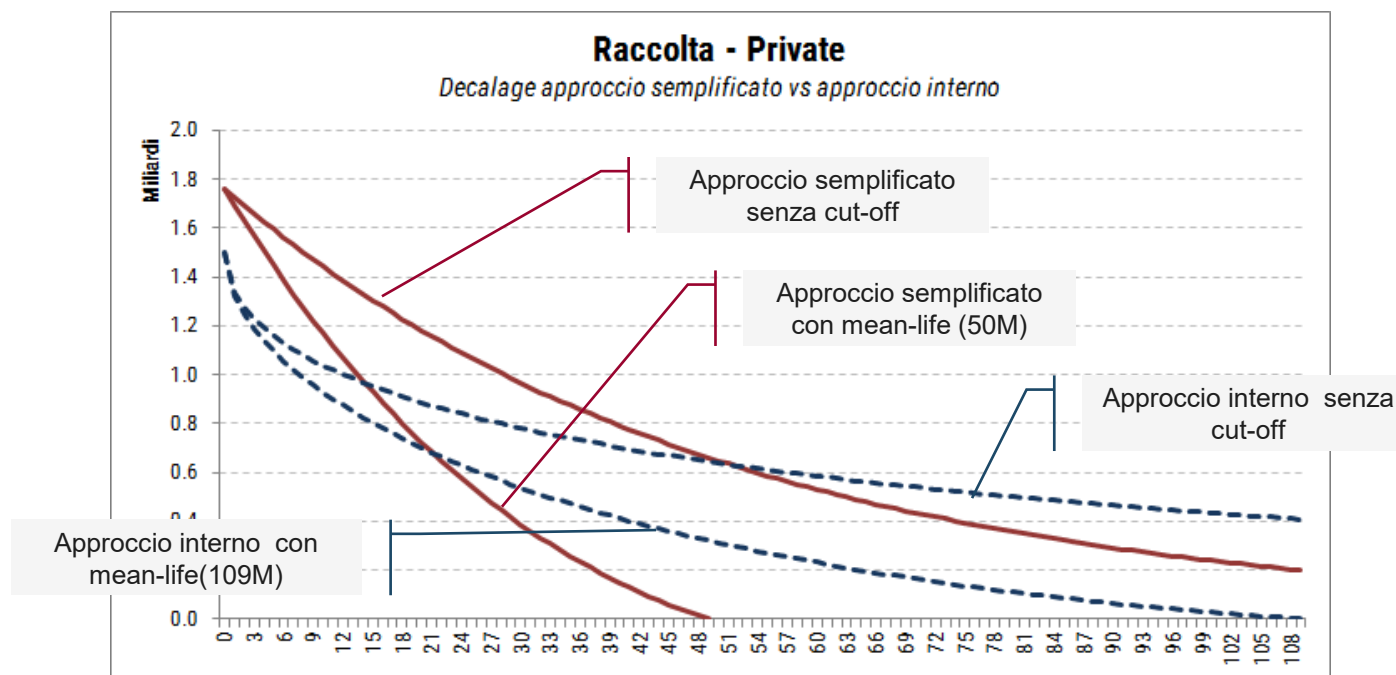
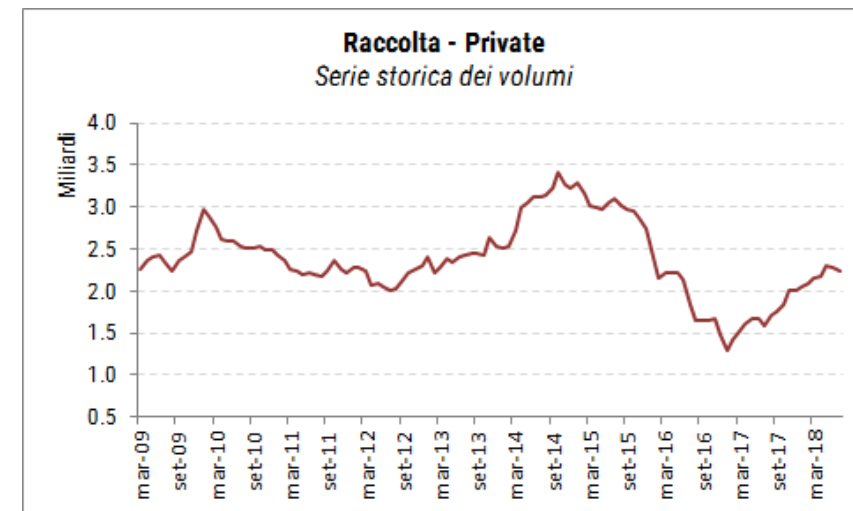
A



Proposta di affinamento dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

Sintesi dell'approccio semplificato proposto per la raccolta Private

- Il cluster della raccolta Private ha un andamento storico, come evidenziato dal grafico riportato di fianco, caratterizzato da fasi di forti variabilità alternate da fasi di maggiore stabilità.
- Il pannello di controllo sui residui ha evidenziato il non rigoroso rispetto delle ipotesi mettendo in dubbio la capacità adattativa e previsiva dell'approccio *random walk* per tale cluster, confermando la specificità della natura di tale clientela.



- L'approccio proposto si basa su un modello semplificato di letteratura, adottato anche dalle ECB in ambito LiST 2019, che consente di stimare il *decalage* a partire dalle variazioni percentuali della serie storica senza effettuare assunzioni statistiche sulla stessa.
- Viene proposto, inoltre, il limite prudenziale sul mean-life in analogia all'approccio *Random Walk*.
- Dal punto di vista degli impatti di sensitivity la differenza tra l'approccio *random walk* e l'approccio semplificato è immateriale (circa -0,5 €/mln per shock a +25bps).

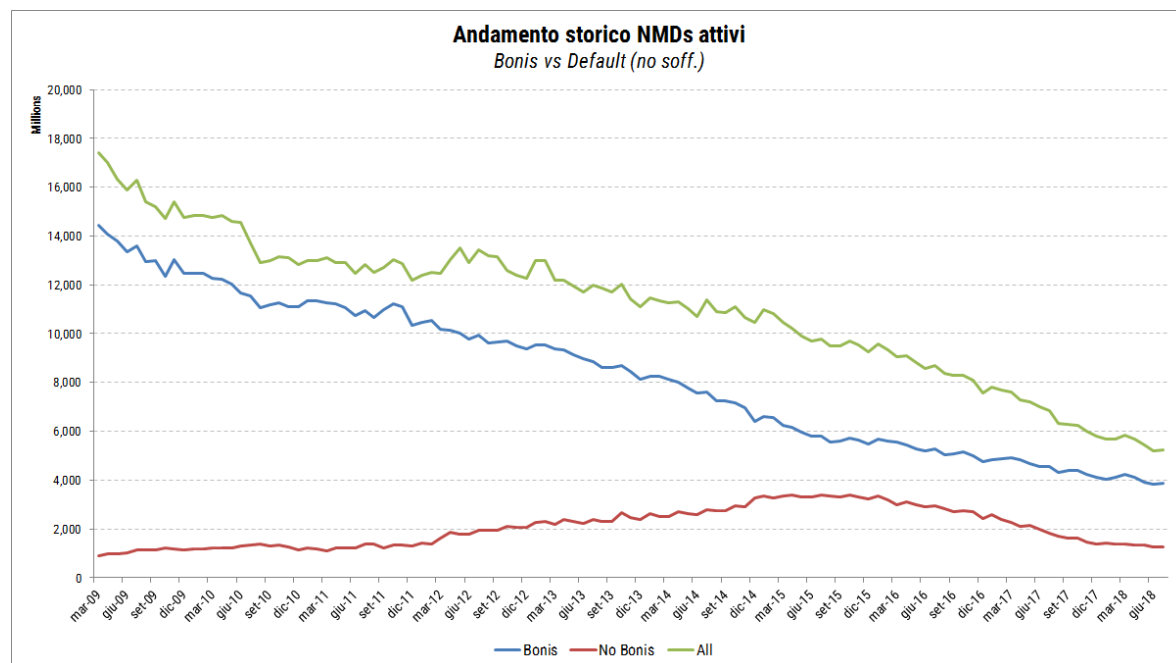


Proposta di affinamento dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

NMDs impieghi: Bonis

B

- ❑ La serie storica dei volumi sulla quale erano state effettuate le analisi di calibrazione del *Random Walk* per i NMDs di impiego comprendeva tutti gli stati creditizi ad eccezione delle sofferenze (Default - Bad Loans).
- ❑ Le linee guida dell'EBA (EBA/GL/2018/02) richiedono un trattamento specifico per gli NPE (Non-Performing Exposure) con una modellizzazione dedicata che rifletta i cash-flow attesi ed il proprio timing oltre ad essere trattati al netto (art.115, punto g). In base a tale *requirement* la calibrazione e la relativa applicazione del modello volumi viene ristretta alla sola parte *bonis* mentre la componente NPE, costituita da scaduto - UTOP - sofferenze, segue un trattamento dedicato.



- ❑ Il grafico riporta l'andamento storico della serie sulla quale erano state effettuate le precedenti calibrazioni e la serie depurata dagli stati creditizi di scaduto e UTOP.
- ❑ Si evidenzia che i passaggi di stato hanno alterato la serie determinando una distorsione che si manifesta con perdita di capacità di adattamento.
- ❑ La slide seguente riporta i test di verifica delle ipotesi di Random Walk sul sola componente di bonis.

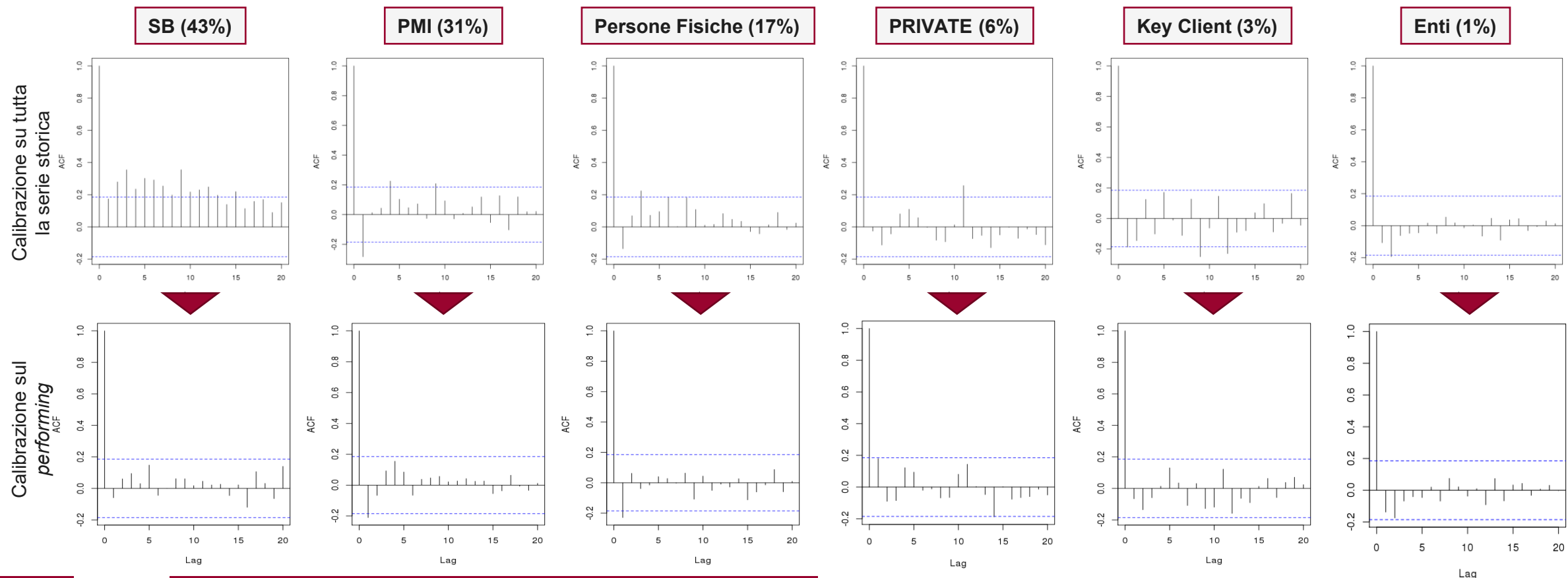


Proposta di affinamento dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

NMDs impieghi: Bonis

B

- La calibrazione del corrente approccio di *Random Walk* sul bonis conduce al rispetto delle assunzioni di base, superando le criticità evidenziate. Si riportano le analisi di ACF (Correlogrammi) dell'approccio precedente (calibrato su tutta la serie storica) e quelle relative alla sola serie *performing* del nuovo approccio con la percentuale che esprime la rilevanza del cluster.

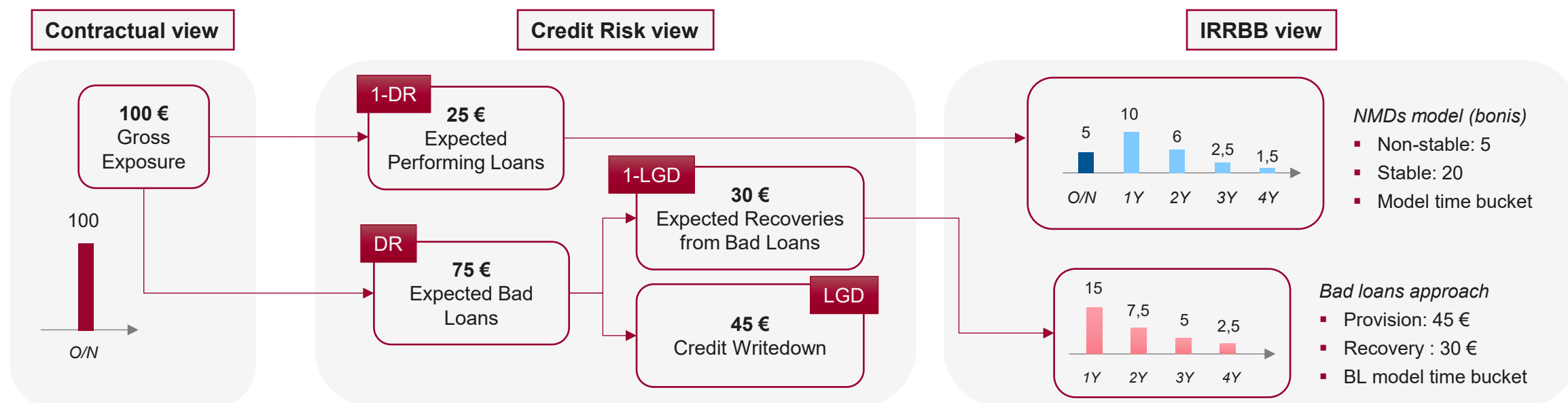


Proposta di affinamento dell'approccio di stima della stabilità dei volumi

NMDs impieghi: Default

B

- ❑ La modellizzazione della quota parte dei NMDs impieghi che rientra nel perimetro dello scaduto e dell'UTOP (defaulted) segue invece un approccio di stima basato sui principali parametri del rischio di Credito: *Danger Rate / Cure Rate* e *Loss Given Default* (LGD). A titolo esemplificativo si riporta l'approccio per un generico conto corrente attivo di un cliente in Past Due/UTOP, ipotizzando un DR del 75% ed un LGD del 60%:



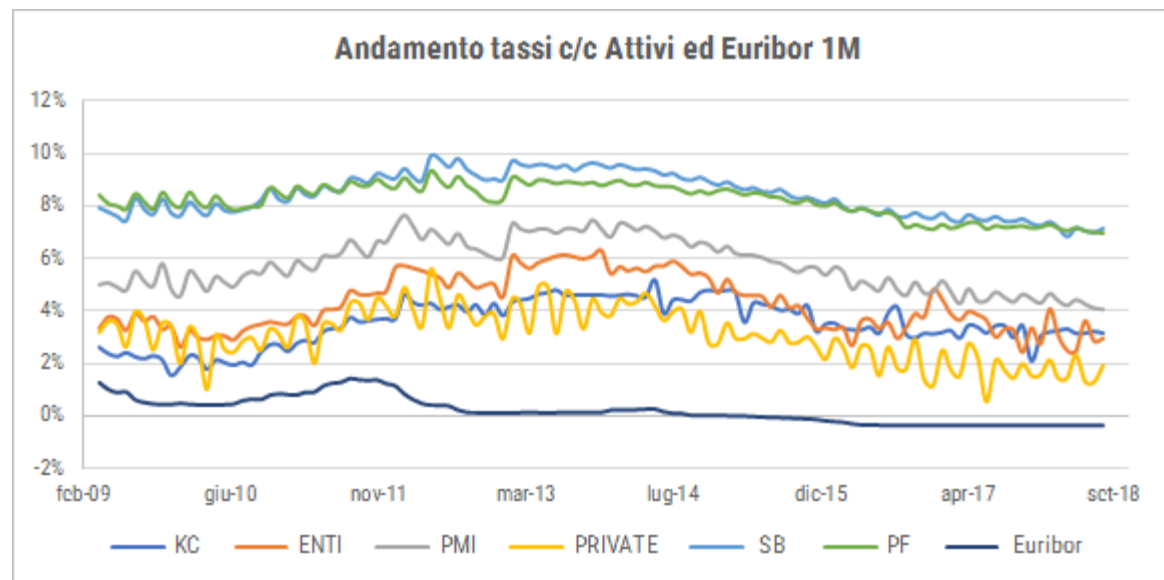
- ❑ La percentuale di *Cure Rate* (1-DR) del *defaulted amount* (*gross value*) viene ipotizzata recuperata e modellizzata secondo il *random walk bonis*. La percentuale di DR del *gross value*, per la quota parte di LGD, viene considerata *accantonamento* mentre il complemento (*net value*) viene modellizzata secondo il corrente approccio per le sofferenze (ovvero per tempi medi di recupero sul dato *net of provisions*).

Proposta di modifica dell'approccio di stima dell'elasticità

Proposta di adozione di approccio contrattuale per l'elasticità dei cluster degli impieghi

- ❑ La nuova calibrazione del modello tassi sul lato degli impieghi alla data di luglio 2018 ha evidenziato una complessiva instabilità dei parametri del modello ECM, sia effettuando la stima sull'intero portafoglio modellizzato, sia limitando l'analisi alla sola componente «performing».
- ❑ Rappresentativi della capacità non predittiva del modello sono i livelli di beta superiori ad 1 e le percentuali di R quadro significativamente basse.

	Stime ECM				Contrattuale	
	Beta	Theta	R^2 Short Term	R^2 Long Term	Beta	Theta
Persone fisiche	124%	-15%	5%	56%	43%	-100%
PMI	123%	-28%	11%	78%	51%	-100%
Small Business	118%	-11%	3%	60%	69%	-100%
Private	152%	-70%	35%	46%	77%	-100%
Key Client	58%	-39%	19%	76%	80%	-100%
Enti	102%	-29%	11%	73%	80%	-100%



- ❑ Per tali considerazioni si propone di utilizzare un approccio “contrattuale” basato sulle evidenze effettive delle direzioni commerciali relativamente alle quote del portafoglio che risultano indicizzate per singolo segmento di business.
- ❑ Tali percentuali vengono adottate in sostituzione dei *beta* precedentemente stimati con il modello ECM, il nuovo livello di *theta* viene assunto pari al tenor del tasso Euribor 1M.



Proposta di affinamento dell'approccio di stima dei NMDs

Approccio di stima dello scenario di sight deposit run-off (1.P.1)

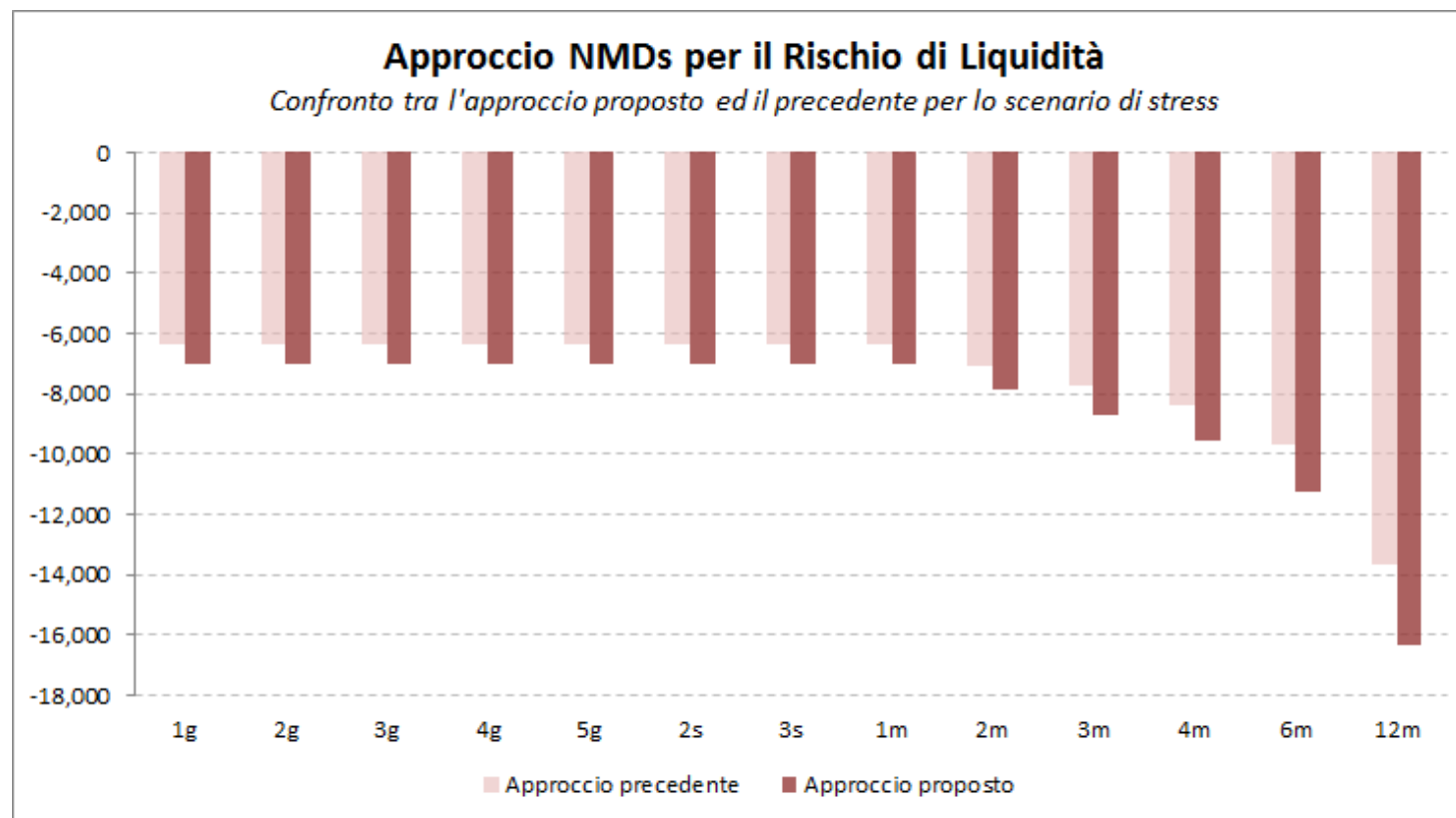
❑ La stima dello scenario 1.P.1. *Sight deposit run-off* - riduzione della raccolta a vista (conti correnti e depositi a risparmio) si basa sull'approccio comportamentale dei NMDs (decalage di liquidità) entro l'orizzonte temporale di 1 anno.

❑ Il corrente approccio ipotizza una contribuzione, seppur marginale, alla riduzione del deflusso di liquidità computando gli *inflows* derivanti dalla modellizzazione degli NMDs attivi.

❑ Tale contribuzione è pari a circa 0,6 €/mld ad 1 mese, arrivando fino a 2,6 €/mld ad un anno.

❑ Si propone l'adozione di uno scenario di stress che **non consideri** la contribuzione degli inflow rivenienti dalla stima del modello NMDs, considerando anche l'approccio adottato dalla ECB in ambito LiST 2019.

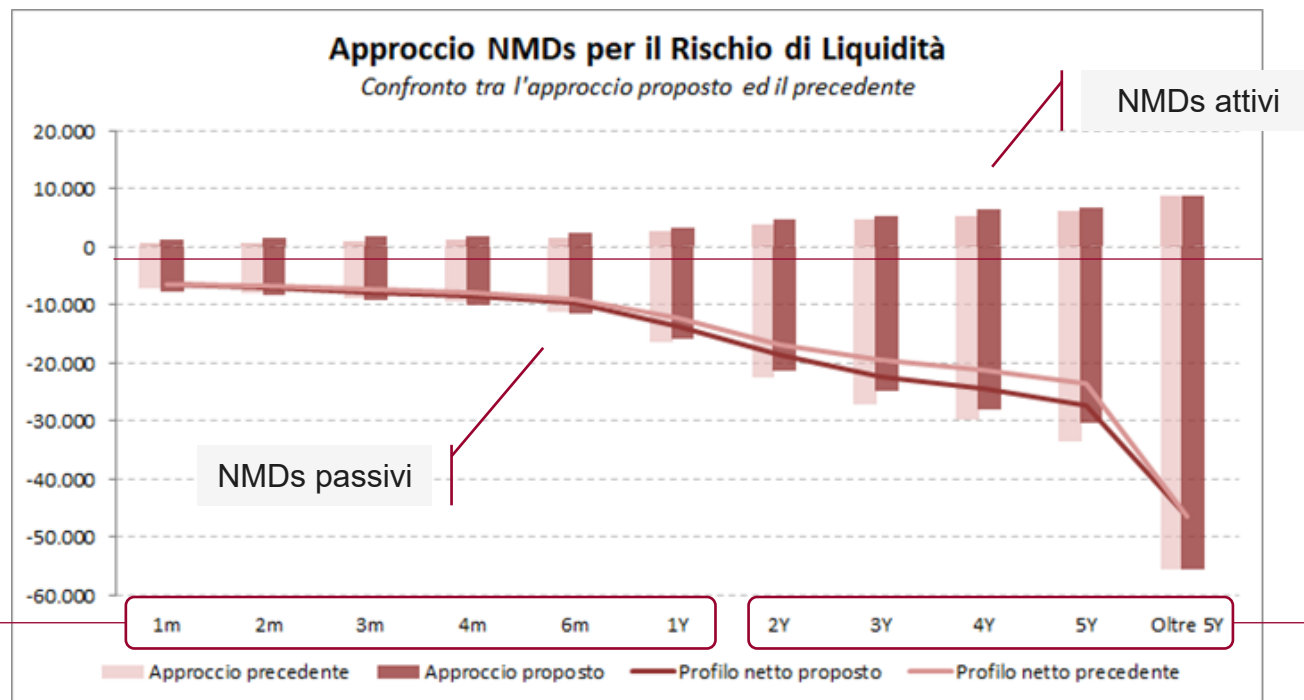
❑ L'impatto stimato in termini di riduzione del tts è pari a circa **16 giorni di calendario** (09/2018).



Proposta di affinamento dell'approccio di stima dei NMDs

Impatto sulle misure di rischio di liquidità

- Si riporta il profilo di liquidità dei NMDs, in termini di **flussi cumulati**, seguendo l'approccio proposto ed il confronto con l'approccio precedente, dopo aver effettuato la ricalibrazione annuale (dati al 30/09/2018).



- Per gli indicatori strutturali *gap ratios* si considera il profilo netto oltre 1 anno (bucket 2Y fino all'oltre 5Y) e si evidenzia un miglioramento nel caso dell'approccio proposto ricalibrato.

	Profilo di gap ratios				
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
Precedente approccio	119%	88%	89%	91%	92%
Approccio proposto	120%	89%	90%	93%	93%
Ricalibrazione	121%	91%	94%	97%	100%
Delta complessivo	2.1%	2.9%	5.0%	6.4%	8.1%

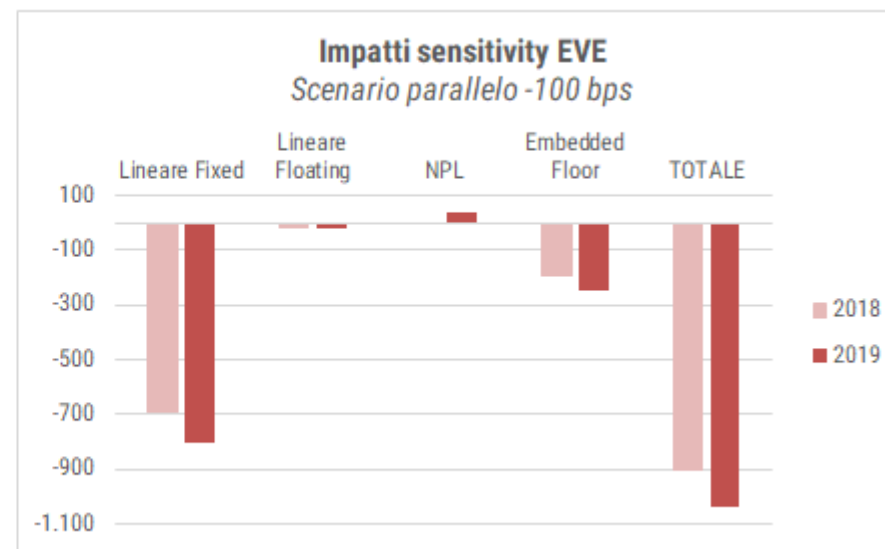
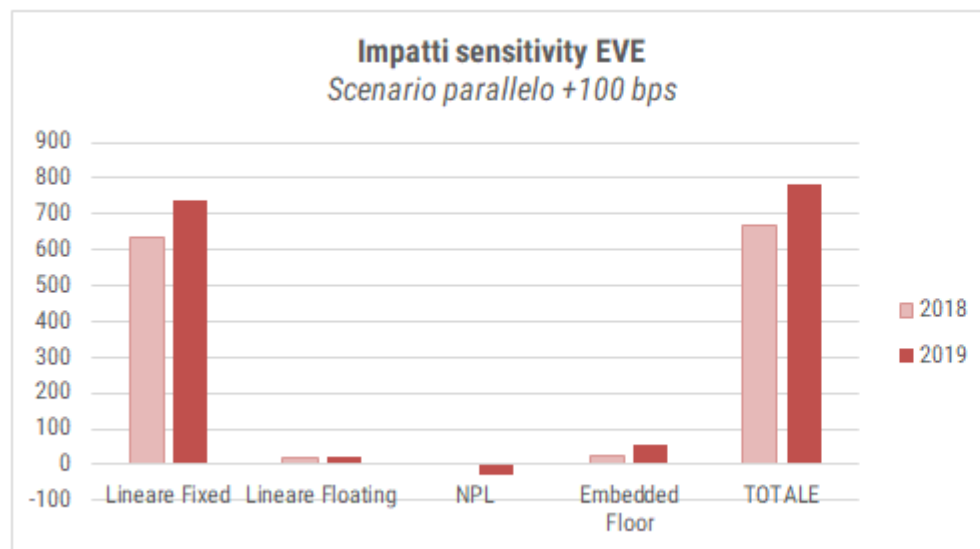
- Per lo scenario di stress *sight deposit run-off*, considerando i deflussi dei NMDs passivi senza la contribuzione dei NMDs attivi (vedi slide precedente), l'approccio proposto risulta essere più severo del precedente. Il time-to-survival con l'introduzione di tale modifica e con la ricalibrazione annuale del modello presenta una riduzione complessiva di circa 21 giorni.



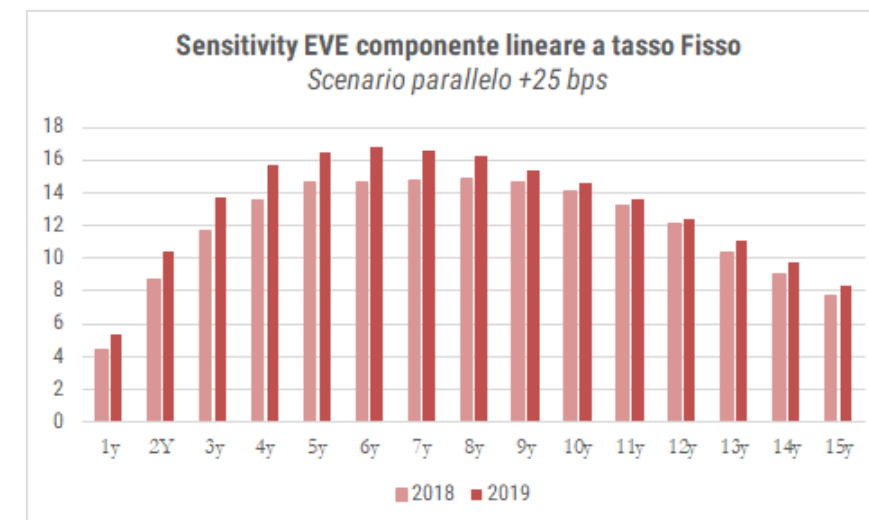
Proposta di affinamento dell'approccio di stima dei NMDs

Impatto sulle misure di rischio di tasso

- Si evidenziano gli impatti su IRRBB negli scenari paralleli +/-100 bps per la metrica di sensitivity EVE con l'apertura sulle singole componenti.



Per la componente lineare a Tasso Fisso si riporta il profilo per time bucket nello scenario parallelo a +25 bps.



Behavioural models backtesting Framework

*Proposta di adozione framework di back-testing
dei modelli comportamentali e focus su NMDs*



Behavioural models back-testing Framework

Normativa regolamentare in materia e attuale approccio

- ❑ Le linee guida dell'EBA (EBA/GL/2018/02, art. 107 punto d.) pongono particolare attenzione alla dimostrazione dell'accuratezza del modello mediante le analisi di back-testing «against experience» per il Prepayment Risk mentre per i NMDs richiedono analisi di *sensitivity* delle misure di rischio alla variazione dei parametri di percentuale e scadenze dei depositi stabili.
- ❑ Gli standard di Basilea su IRRBB di Aprile 2016 richiedono espressamente il back-testing dei parametri chiave quali la stabilità dei depositi ed il prepayment (art 59, terzo punto).
- ❑ L'attuale approccio di backtesting sui NMDs si basa sull'analisi *a posteriori* delle quote stabili attraverso un sistema di trigger che, in caso di sfioramento della quota stabile rispetto allo stock complessivo per ogni cluster, prevede la ricalibrazione del modello per la determinazione di una nuova quota stabile.
- ❑ Le slide seguenti presentano un framework generale di back-testing valido sia per il modello dei NMDs sia per il Prepayment Risk. Al momento si richiede l'adozione del framework di back-testing per i soli NMDs.



Behavioural models backtesting Framework

Proposta di adozione di framework per i modelli comportamentali

- Si propone l'adozione del seguente approccio di backtesting per i modelli comportamentali al fine di misurare da un lato l'accuratezza della **stabilità dei depositi** e, dall'altro, la capacità previsiva dell'approccio di Prepayment.

Approccio out-sample

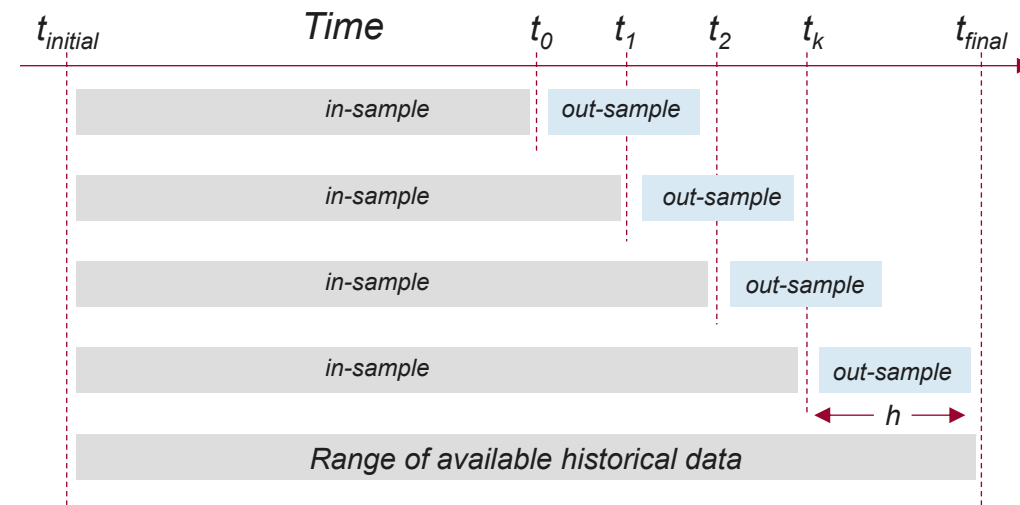
- Per ogni data soglia t_i per $i = 0, \dots, k$ si seguono i passi:

- i dati storici vengono troncati alla soglia (*in-sample*, intervallo da $t_{initial}$ a t_i);
- il modello comportamentale viene calibrato sui dati *in-sample* e viene proiettato, a perimetro costante, sui dati *out-sample* (per il periodo di ampiezza h , intervallo da t_i a t_i+h);
- le previsioni *out-sample* così ottenute sono messe a confronto con i dati storici;
- Infine, viene stabilito un *errore* di previsione per ogni soglia.

- L'errore *medio* per tutte le soglie è una stima della performance del modello e misura l'accuratezza dell'approccio adottato.

- L'obiettivo di questa tecnica è duplice:

- 1) Analizzare i parametri ottenuti dalla calibrazione in diversi periodi storici per valutarne la stabilità dell'approccio nel tempo.
- 2) Valutare l'accuratezza della previsione, definendo una soglia critica di accettazione dell'errore, superata la quale è opportuna una ridefinizione dell'approccio.



Behavioural models backtesting Framework

Proposta di adozione di framework per i modelli comportamentali

Approccio in-sample

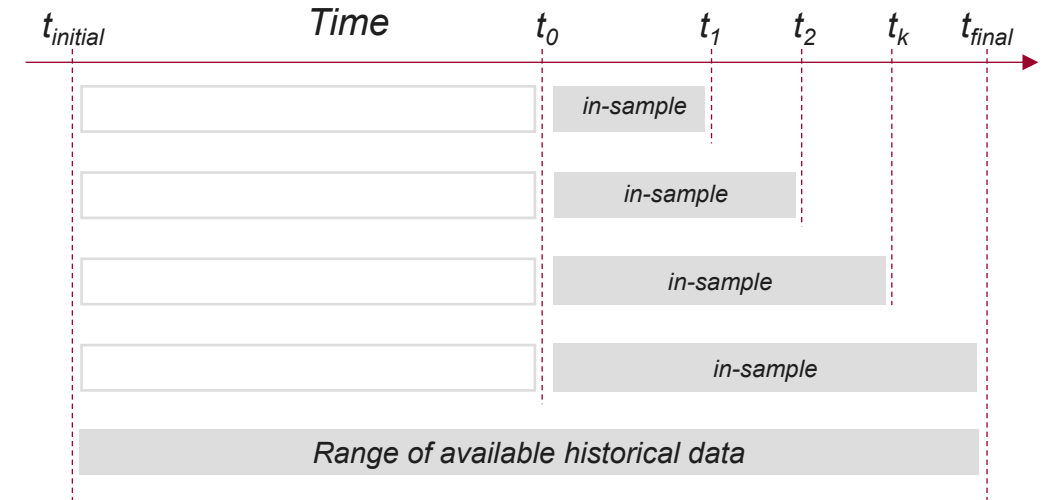
□ Si seguono i passi:

- il modello comportamentale viene calibrato una sola volta sull'intero range di dati storici disponibili;
- per ogni data soglia t_i per $i = 0, \dots, k$ si costruisce il sotto-campione storico al tempo t_0 che viene osservato nei diversi archi temporali (dati *in-sample*);
- i risultati storici *in-sample* sono messi a confronto con i dati del modello;
- Infine, viene stabilito un *errore* di previsione per ogni soglia.

□ L'errore *medio* per tutte le soglie è una stima della performance del modello e misura l'accuratezza dell'approccio adottato.

□ L'obiettivo di questa tecnica è:

- 1) Valutare l'approccio su un orizzonte temporale più ampio a parità di composizione del campione di partenza;
- 2) Valutare l'accuratezza della previsione definendo una soglia critica di accettazione dell'errore, superata la quale è opportuna una ridefinizione dell'approccio.



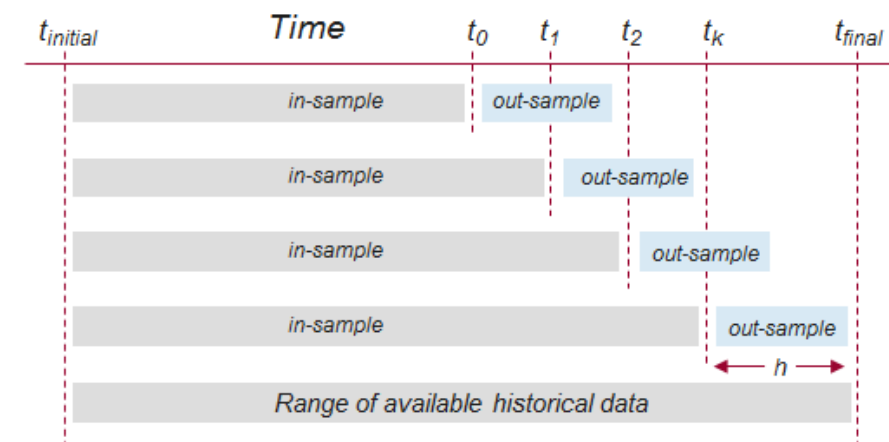
Behavioural models backtesting Framework

Proposta di adozione di framework per i modelli comportamentali: NMDs

- ❑ Le linee guida dell'EBA (EBA/GL/2018/02, art. 107 punto d.) pongono particolare attenzione alla dimostrazione dell'accuratezza del modello mediante le analisi di backtesting «against experience» per il Prepayment Risk mentre per i NMDs richiedono analisi di *sensitivity* delle misure di rischio alla variazione dei parametri di percentuale e scadenze dei depositi stabili.
- ❑ Nell'ambito del *backtesting framework* definito nelle precedenti slide (vedi schema a destra), si indica con $cc_i(t_i)$ lo stock di depositi a vista riferiti alla soglia t_i valutati all'istante t_i (valutazione a portafoglio costante) e con $qs(t_i)$ la quota stabile calibrata al tempo t_i .
- ❑ L'errore di previsione della quota stabile viene definito dalla seguente equazione:

$$\varepsilon_i = \max[0, (qs(t_i) - cc_i(t_i + h)) / qs(t_i)]$$

dove h è l'ampiezza del *out-sample* posta pari ad 1 anno (frequenza minima di ricalibrazione del modello).



1. Stabilità dei parametri. I parametri del modello di cui si analizza la stabilità nel tempo sono: *mean-life aggiustato* e *volatilità*.
 2. Accuratezza del modello. L'approccio può definirsi accurato se l'errore per ogni cluster è inferiore al 5%. L'approccio necessita approfondimenti se l'errore è maggiore del 5% (**soglia proposta da approvare**).
- ❑ L'analisi backtesting appena descritta viene effettuata ad ogni ricalibrazione del modello (almeno su base annuale) mentre l'attuale approccio per trigger, che confronta la quota stabile con l'ammontare dello stock, a portafoglio non costante, viene eseguito mensilmente.



Behavioural models backtesting Framework

Proposta di adozione di framework per i modelli comportamentali: NMDs

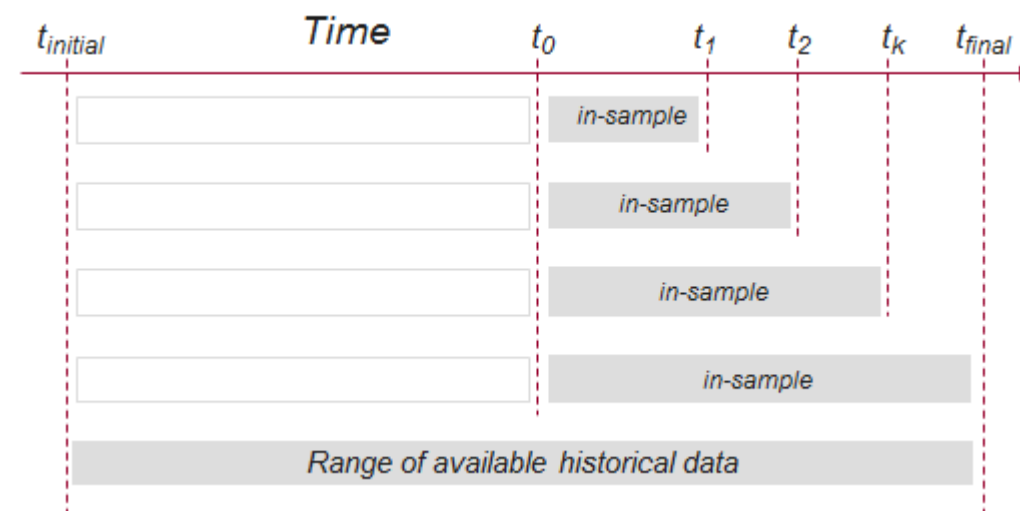
❑ Nell'ambito del *backtesting framework* viene proposto un esercizio di back-testing «*in-sample*» per validare l'utilizzo del modello comportamentale per i NMDs ai fini del calcolo dei Gap Ratios di Liquidità.

❑ Viene implementata un'analisi di back-testing che confronta i risultati di run off a 1y, 2y, 3y, 4y e 5y desumibili dal modello comportamentale NMDs della Liquidità con quanto osservato empiricamente all'interno dello stesso campione utilizzato per la calibrazione. Il back-testing viene effettuato a livello aggregato sui diversi cluster di clientela distinguendo lato Raccolta da lato Impieghi.

❑ Fissato l'anno di analisi t l'errore di previsione della percentuale di Run-off in t viene definito dalla distanza se positiva tra la massima percentuale empirica registrata per il tempo t e il livello di run off da modello comportamentale in t .

❑ Accuratezza del modello. L'approccio può definirsi accurato se l'errore per ogni anno è inferiore al 5% (**soglia da approvare**). L'approccio necessita approfondimenti se l'errore è maggiore del 5%.

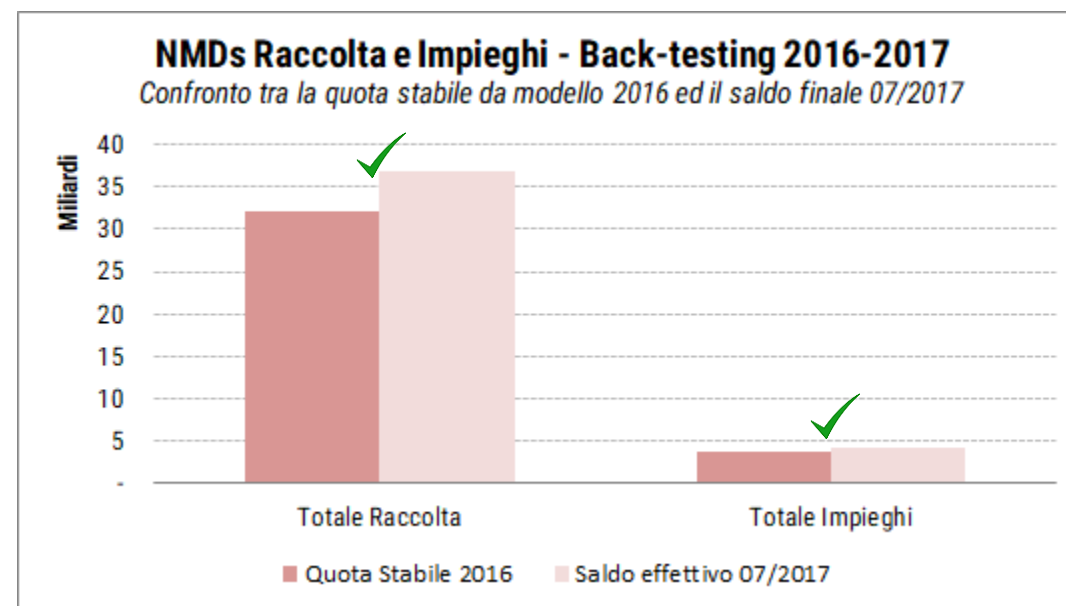
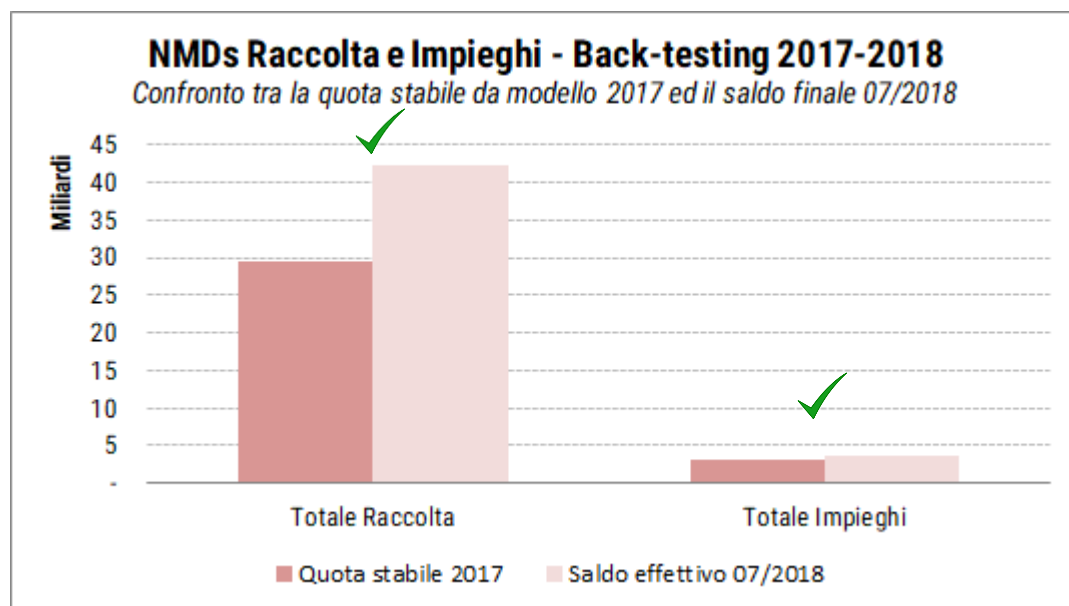
❑ L'analisi backtesting in-sample viene effettuata ad ogni ricalibrazione del modello (almeno su base annuale).



Behavioural models backtesting Framework

Analisi dei risultati dell'applicazione del backtesting all'attuale approccio: out-sample

- Nei grafici riportati in basso sono rappresentati i test di verifica della stabilità dei depositi sia di Raccolta sia di Impiego nel periodo 2016-2017 (calibrazione del 07/2016 e confronto con il saldo di 07/2017) e quelli del periodo 2017-2018 (calibrazione del 07/2017 e confronto con il saldo di 07/2018).



- L'applicazione del back-testing a livello di singolo cluster evidenzia il pieno superamento di tutti i *check* per la raccolta. Per quanto riguarda gli impieghi i cluster Small Business (nel 2017) e Persone Fisiche nei due anni presentano un errore inferiore alla soglia critica del 5%.



Behavioural models backtesting Framework

Analisi dei risultati dell'applicazione del backtesting all'attuale approccio: in-sample

❑ Le tabelle in basso riportano i test di verifica sulle percentuali di Run-off sia di Raccolta che di Impiego nel periodo 2013-2018.

Back-Testing "in sample": Run-off per NMDs Raccolta

	Run-off 1y	Run-off 2y	Run-off 3y	Run-off 4y	Run-off 5y
Start 2013	6%	14%	31%	37%	29%
Start 2014	9%	27%	34%	27%	
Start 2015	21%	29%	21%		
Start 2016	11%	1%			
Start 2017	-10%				
Max Run off empirico	21%	29%	34%	37%	29%
Run-off da Modello NMDs	24%	32%	37%	43%	48%
Backtesting	✓	✓	✓	✓	✓

Back-Testing "in sample": Run-off per NMDs Impieghi

	Run-off 1y	Run-off 2y	Run-off 3y	Run-off 4y	Run-off 5y
Start 2013	21%	43%	55%	63%	69%
Start 2014	29%	43%	54%	62%	
Start 2015	21%	38%	49%		
Start 2016	22%	38%			
Start 2017	22%				
Max Run off empirico	29%	43%	55%	63%	69%
Run-off da Modello NMDs	30%	44%	53%	70%	74%
Backtesting	✓	✓	✓	✓	✓

❑ Il run-off sul 3Y presenta un 53% rispetto al 55% empirico: poiché il mancato rispetto non supera la soglia del 5%, il test si considera valido.

❑ Per quanto riguarda il perimetro del default, l'esecuzione dei backtesting avverrà nel contesto più ampio dell'applicazione dell'approccio LGD/DR a tutti gli attivi *non-performing*. Al momento l'approccio ristretto ai NMDs è molto marginale sia in termini assoluti sia in termini di rischio di liquidità/IRRBB.



