

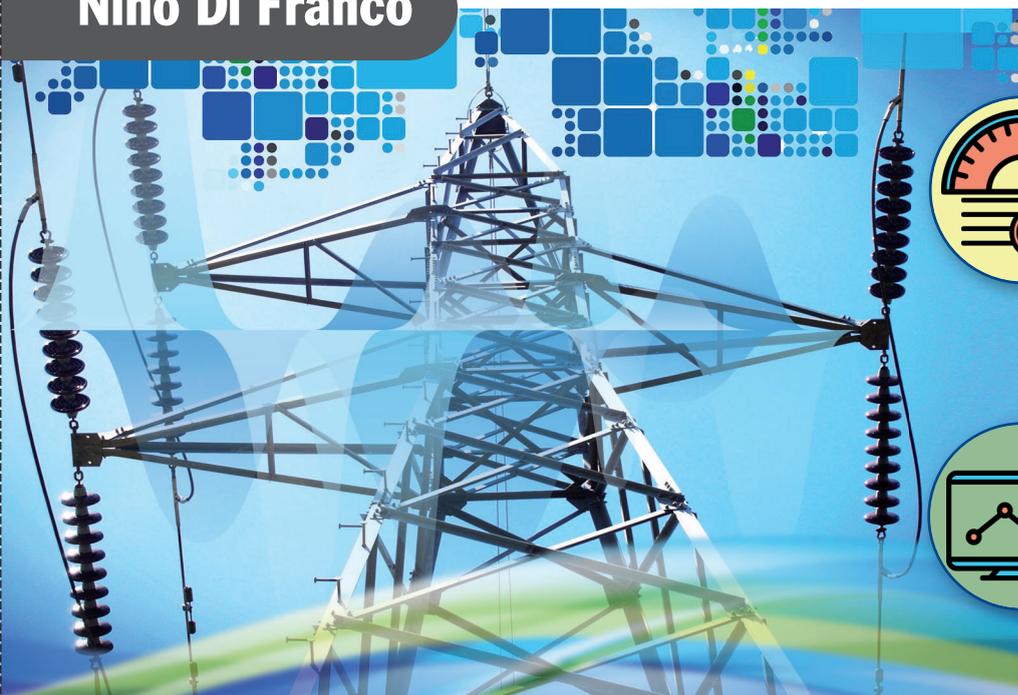
MANAGEMENT

Energy management

Fondamenti per la valutazione,
la pianificazione e il controllo dell'efficienza
energetica. Con esempi ed esercizi

TERZA
EDIZIONE

Nino Di Franco



FRANCOANGELI

Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con **Adobe Acrobat Reader**



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile **con Adobe Digital Editions**.

Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.

Am - La prima collana di management in Italia

Testi advanced, approfonditi e originali, sulle esperienze più innovative in tutte le aree della consulenza manageriale, organizzativa, strategica, di marketing, di comunicazione, per la pubblica amministrazione, il non profit...

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità.

Nino Di Franco

Energy management

Fondamenti per la valutazione,
la pianificazione e il controllo dell'efficienza
energetica. Con esempi ed esercizi

TERZA EDIZIONE



FRANCOANGELI

3a edizione. Copyright © 2015, 2017, 2019 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

A Fausta, Corinna e Gianluca

*Nelle cose economiche e sociali,
la via diritta, salvo eccezioni rarissime,
è la via falsa.
Solo la via storta,
lungo la quale gli uomini cadono,
ritornano sui propri passi,
esperimentano,
falliscono e ritentano
e talvolta riescono,
è la via sicura e, di fatto, più rapida.*

Luigi Einaudi, *Lezioni di politica sociale*

Indice

Prefazione alla III edizione	pag. 13
Prefazione alla I edizione	» 14
1. Analisi costi-benefici per l'efficienza energetica	» 17
1.1 Logica dell'analisi costi-benefici	» 18
1.2 Meccanismi di capitalizzazione e attualizzazione	» 19
1.3 Flussi di cassa attualizzati e Valore Attuale Netto	» 21
1.4 Il fattore di annualità <i>FA</i>	» 23
1.5 Casi applicativi di capitalizzazione e sconto	» 26
1.6 Parametri per il calcolo del <i>VAN</i>	» 29
1.7 Inflazione e aumento differenziato dei prezzi	» 38
1.8 Interludio sull'analisi costi-benefici	» 49
1.9 Un'applicazione significativa	» 56
1.10 Influenza della tassazione	» 59
1.11 Vita residua	» 61
1.12 Espressione completa del valore attuale netto	» 66
1.13 Indicatori economici	» 67
1.14 Scelta tra progetti a diversa vita utile	» 80
1.15 Problemi di ottimizzazione	» 84
1.16 Analisi di sensibilità	» 85
1.17 Il metodo Montecarlo	» 89
Appendice 1.1	» 98
Appendice 1.2	» 99
Appendice 1.3	» 101
Appendice 1.4	» 102
Appendice 1.5	» 104
2. La diagnosi energetica	» 107
2.1 Efficienza e risparmio	» 107
2.2 Le sei porte (chiuse) dell'efficienza energetica	» 108
2.3 I principi dell'efficienza energetica	» 114
2.4 L'attività diagnostica	» 115
2.5 Come si conduce una diagnosi energetica	» 147
2.6 La realizzazione completa di un'attività diagnostica	» 161

2.7	Il vademecum del perfetto auditor energetico	pag. 166
	Appendice 2.1	» 168
	Appendice 2.2	» 185
3.	Isolamenti termici	» 206
3.1	Calore sensibile	» 206
3.2	Calore latente	» 207
3.3	Meccanismi di trasmissione del calore	» 209
3.4	I materiali isolanti	» 225
3.5	Determinazione dello spessore di coibente ottimale	» 231
	Appendice 3.1	» 242
	Appendice 3.2	» 244
4.	Gestione della combustione	» 245
4.1	La combustione	» 245
4.2	Richiami di chimica della combustione	» 247
4.3	Combustione pratica	» 253
4.4	Potere calorifico superiore e inferiore	» 259
4.5	Fenomeno delle condense acide	» 260
4.6	I diagrammi di Ostwald	» 261
4.7	Diagnosi di un generatore di calore	» 268
4.8	Le perdite di calore	» 270
4.9	Analisi del generatore	» 281
	Appendice 4.1-A	» 287
	Appendice 4.1-B	» 287
	Appendice 4.1-C	» 288
	Appendice 4.2	» 289
5.	Recuperi di calore	» 292
5.1	L'opportunità del recupero	» 292
5.2	Assetto termico per scambiatori di calore	» 292
5.3	Dimensionamento della superficie di scambio termico	» 299
5.4	Dimensionamento ottimale di uno scambiatore	» 303
5.5	Le verifiche preliminari	» 316
5.6	I recuperi multipli di calore	» 319
5.7	Scambiatori di calore	» 336
5.8	La ricompressione meccanica del vapore	» 341
5.9	Allenare il colpo d'occhio: si risparmia energia?	» 342
	Appendice 5.1	» 345
	Appendice 5.2	» 350
	Appendice 5.3	» 351
6.	Refrigerazione	» 356
6.1	L'opportunità	» 356
6.2	Ciclo frigorifero a compressione	» 356
6.3	Efficienza energetica degli impianti frigoriferi	» 359
6.4	Componenti dell'impianto frigorifero	» 361

7.	Riscaldamento di ambienti industriali	pag. 369
7.1	L'opportunità	» 369
7.2	Parametri di un impianto di condizionamento	» 369
7.3	Bilancio termico	» 370
7.4	Misure di contenimento dei consumi	» 371
8.	Il rifasamento del carico elettrico	» 385
8.1	Richiami teorici	» 385
8.2	Gestione del fattore di potenza	» 393
8.3	Il rifasamento distribuito	» 411
8.4	Il problema delle armoniche	» 420
9.	Gestione dei trasformatori	» 422
9.1	Principio di funzionamento del trasformatore	» 422
9.2	Considerazioni energetiche	» 423
9.3	Il rendimento di un trasformatore	» 433
9.4	Gestione ottimale dei trasformatori	» 438
9.5	Tipologie di trasformatori	» 444
	Appendice 9.1	» 446
10.	Motori elettrici	» 448
10.1	La teoria	» 448
10.2	Parametri energetici di un motore elettrico	» 451
10.3	Corretta gestione energetica dei motori	» 454
10.4	L'alternativa del riavvolgimento	» 460
10.5	I motori ad alta efficienza	» 463
10.6	Trasmissioni della potenza	» 466
10.7	Variatori di velocità	» 468
10.8	Gestione del parco motori di un sito produttivo	» 472
	Appendice 10.1	» 474
11.	L'aria compressa	» 476
11.1	La fase di compressione	» 476
11.2	Il ciclo di compressione reale	» 485
11.3	I sistemi ad aria compressa	» 491
11.4	Interventi di razionalizzazione	» 498
12.	Usi impropri dell'elettricità	» 512
12.1	L'opportunità	» 512
12.2	Evitare l'uso dell'elettricità a fini termici	» 513
13.	Gestione di pompe e ventilatori	» 516
13.1	Espressione della prevalenza di una pompa	» 516
13.2	Curve caratteristiche	» 517
13.3	Parametri energetici di una pompa	» 523
13.4	Interventi di risparmio nei sistemi di pompaggio	» 523
13.5	Gestione dei ventilatori	» 533
	Appendice 13.1	» 541

Appendice 13.2	pag. 542
Appendice 13.3	» 544
14. Distribuzione elettrica	» 546
14.1 L'opportunità	» 546
14.2 Dimensionamento ottimale di un conduttore	» 547
14.3 La termografia	» 551
14.4 Sbilanciamento di tensione	» 552
14.5 Turboespansore per decomprimere gas naturale	» 553
Appendice 14.1	» 556
Appendice 14.2	» 557
15. Il differimento dei carichi elettrici	» 558
15.1 L'opportunità	» 558
15.2 L'accumulo del freddo	» 559
16. Illuminazione	» 566
16.1 Le sorgenti luminose	» 567
16.2 Parametri illuminotecnici	» 572
16.3 Energetica dell'impianto di illuminazione	» 576
Appendice 16.1	» 586
17. Cogenerazione	» 587
17.1 Introduzione	» 587
17.2 La cogenerazione e la produzione separata	» 588
17.3 Il principio fisico	» 590
17.4 Indicatori per la cogenerazione	» 591
17.5 Le criticità della cogenerazione	» 593
17.6 Le macchine da cogenerazione	» 595
17.7 Gli accumuli termici	» 609
17.8 La macchina per impianti di piccola taglia	» 611
18. Il sistema di gestione ISO 50001	» 625
18.1 Perché transitare verso i sistemi di gestione	» 625
18.2 La norma UNI-CEI-EN ISO 50001	» 630
18.3 Conclusioni	» 642
Appendice 18.1	» 645
Appendice 18.2	» 646
Appendice 18.3	» 650
Addendum: unità di misura	» 653
Ringraziamenti	» 655
Bibliografia	» 657

Prefazione alla III edizione

La terza edizione di *Energy Management* mantiene spirito e struttura del testo originario. Un libro di *fondamenti* dovrebbe restare immune alle trasformazioni della società e della tecnologia, che tuttavia ci sono, imponenti e d'impatto, nel campo dell'energetica. Basti pensare alle liberalizzazioni dei mercati, alle nuove fonti di energia (*shale gas* e *shale oil*), alle motorizzazioni elettriche, alle nuove forme di incentivazioni e obblighi, a rivoluzionarie sorgenti luminose, ai sistemi di monitoraggio, all'*Internet of Things*, eccetera. Il testo, su questo palcoscenico dove si alternano tsunami improvvisi e bonacce persistenti, si pone come la bussola che allinea la navigazione alla rotta, e senza troppi tecnicismi e senza l'ossessione dell'aggiornamento riconduce alla sostanza tecnica dei fenomeni di nostro interesse. Ho voluto renderlo ancora più completo ed autosufficiente inserendo un capitolo sulla gestione dei ventilatori; il metodo esatto per la soluzione di problemi di scambio termico; pagine sulla comprimibilità dei fluidi; un paragrafo sulle lampade a induzione, l'aggiornamento del capitolo sulla norma ISO 50001, e altri aggiustamenti. Ho inserito anche un *addendum* sulle unità di misura. Il lettore mi scuserà, ma nel leggere l'ennesimo articolo che riporta quanti *KW/h* sono stati risparmiati, e che il consumo domestico è di circa 3000 *kilowatt all'anno*, non ho saputo resistere, e ho dovuto dare il mio contributo. Chi avesse velleità di diventare giornalista, e inviasse una mail alla direzione di un giornale con scritto "Se sarei assunto...", non avrebbe speranza di strappare un colloquio. Perché da noi le cose dovrebbero andare diversamente? Nel nostro mondo c'è una grammatica, ed è il Sistema Internazionale delle Unità di Misura. Andrebbe (va) adottato da tutti, operatori e media.

Prefazione alla I edizione

Il decreto legislativo n. 102 del 4 luglio 2014, recepimento della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, prevede fra le novità più rilevanti l'obbligo di esecuzione di una diagnosi energetica per le grandi imprese entro il 5 dicembre 2015, da replicarsi ogni quattro anni. L'Unione Europea ha voluto con ciò sollecitare il settore produttivo all'adozione di accorgimenti orientati al corretto uso dell'energia i quali, seppur indotti da un provvedimento cogente, dovrebbero facilitare razionalizzazioni e risparmi in grado di ripagare lo sforzo di adeguamento. Una prescrizione che appare così asettica contiene tuttavia in sé i germi del vaso di Pandora. Eseguire una diagnosi energetica efficace significa infatti conoscere i cicli produttivi, le tecnologie efficienti, saper svolgere analisi economiche, saper determinare, in regime di ottimizzazione, le dimensioni dei vari apparati da introdurre; saper reperire, filtrare, elaborare e presentare i dati e le informazioni, trovare le fonti di finanziamento, adottare sistemi di gestione, eccetera. In ognuno dei precedenti aspetti sono poi nidificate altre questioni da dover padroneggiare, per esempio nell'ambito delle tecnologie efficienti si trovano quelle *orizzontali* e quelle *verticali*, ogni famiglia delle quali contiene decine (centinaia?) di opzioni da dover tener tutte presenti all'atto dell'esecuzione della diagnosi, e ogni opzione rimanda a una particolare problematica tecnico-economica che chiama in causa potenze installate, coefficienti di carico, ore di inserzione, rendimenti, fattori di potenza, costi d'investimento, costi operativi e altro ancora. Affrontare questo impegno contando su un ottimo bagaglio teorico e pratico è vitale sia per il consulente, che può così dimostrarsi all'altezza del mandato, che per l'impresa committente, che può così orientare al meglio le analisi e attingere a nuove opportunità di *business*.

Questo libro è stato scritto per venire incontro a entrambe le controparti, con lo scopo di facilitare la creazione di una base di *fondamenti*, il cui possesso distingue colui che sa fare rispetto a chi troppo spesso ricorre all'improvvisazione, alla facile creatività o alla stanca riproposizione di sempre uguali soluzioni.

Il testo non si pone in concorrenza ai manuali tecnici; tabelle quantitative sono ristrette al numero indispensabile, e sono state contenute al massimo le classificazioni impiantistiche, qualora non ritenute significative. Si è dato per acquisito che la manutenzione degli impianti sia sempre stata eseguita in modo puntuale e corretto, cosicché i problemi energetici saranno ricercati nei pertinenti ambiti *a monte*.

Per veicolare un efficace pragmatismo, l'opera è stata sfrondata da un eccessivo indugio formulistico, evitando il ricorso a equazioni differenziali, integrali e operatori esotici, quando si sia ritenuto che ciò non aggiungesse valore aggiunto alla comprensione degli argomenti. Spesso tuttavia le catene causali che partono dai principi fisici fino alle prassi ultime sono *belle*, e in questi casi non si è potuto fare a meno di proporle.

Il testo non enfatizza statistiche di consumo energetico, né a livello mondiale né locale o per categoria di utilities o di usi finali o di fonti energetiche. Statistiche valide al momento dell'ultima stesura saranno già obsolete alla data della pubblicazione, e perderanno sempre più di significato con lo scorrere del tempo. Elementi storicizzati in un testo di *fondamenti* rischiano di essere controproducenti, visto che i principi dell'energetica sono validi sempre e a qualunque latitudine.

Lo stesso discorso riguarda la normativa: l'efficienza e il risparmio energetico sono stati sottoposti nel tempo – e continueranno a esserlo – a un'intensa normazione a partire dalla legge 373/76 fino al recente D.Lgs 102/14. Un aggancio troppo stretto a un qualunque disposto normativo renderebbe il testo sorpassato già dopo alcuni mesi: invece le verità e le metodologie tecniche ed economiche esposte nel libro resteranno. Le normative passano.

L'approccio economico lega come un *fil rouge* tutti gli argomenti presentati. A seguito del progressivo depauperamento delle riserve di energia primaria, l'efficienza energetica è ormai divenuta un *topic* mediatico, spesso sopravvalutata, poco approfondita e/o criticata, da conseguirsi spesso tout court all'insegna del *costi quel che costi*. Essa viceversa va considerata come un importante strumento a disposizione dei decisori per poter risolvere questioni di bilancio e di sostenibilità.

Se l'energy manager si appropria di questo sano principio saprà individuare e superare le barriere che ostacolano l'effettivo e pieno conseguimento dei possibili risparmi energetici e, nel confronto col committente, sarà in grado di motivare le proprie scelte con gli argomenti 'forti' per eccellenza: l'economia e la tecnica. L'aspetto ideologico o romantico sarà destinato ad altri tavoli di discussione, che non siano il sano confronto sui *fatti*.

Il mestiere dell'energy manager è bellissimo.

Ogni realtà operativa è diversa da qualunque altra, e non ci sono mai soluzioni precostituite le quali, poiché hanno dato buoni esiti in un contesto A, daranno senz'altro esiti analoghi anche in un contesto B. Tanti ambiti della consulenza tecnica vengono affrontati e risolti compilando questionari precostituiti; nel campo dell'efficienza energetica questo non è possibile, e questo rende il nostro mestiere paragonabile a quello dell'investigatore, che deve andare in cerca di indizi, saper dare il giusto peso alle informazioni acquisite, avere fiuto, saper trattare con gli organi di vertice come con le maestranze, e ogni volta rimettersi in discussione, al fine di individuare quelle opportunità che concorrono a far quadrare meglio i conti del committente. Chiunque, con un po' di pratica, riesce a compilare questionari. Pochi riescono invece a inquadrare la nuova realtà da risanare, anche se appartenente a un settore produttivo non conosciuto, in una corretta cornice metodologica,

e ad accettare la nuova sfida che questo comporta. Non è un lavoro per i sedentari o per chi non abbia voglia di migliorarsi, e proprio per questo l'energy management è un lavoro prodigo delle soddisfazioni che capitano solo a chi tenta per la prima volta l'esperimento temuto dagli altri.

Nota metodologica

I prezzi di vettori energetici e apparecchiature adottati nei numerosi esercizi di cui è corredato il testo hanno valore indicativo ed esemplificativo. Nell'applicare le procedure di calcolo illustrate, il lettore dovrà riferirsi ai prezzi specifici occorrenti nella propria reale situazione tecnico-economica.

Analisi costi-benefici per l'efficienza energetica

Un responsabile della gestione dell'energia deve padroneggiare le tecniche di analisi costi-benefici. Il discriminante tra la semplice conoscenza 'tassonomica' delle pratiche di efficientamento energetico, e l'interiorizzazione dell'intera pragmatica che vi sottende, è proprio l'economia. Chiunque sarebbe in grado di reperire la lista di interventi da potersi applicare in un certo contesto, ma pochi sono in grado di identificare *proprio* gli interventi da realizzarsi in *quella* situazione, dimensionarli e quantificarne i corretti risparmi energetici ed economici. In effetti la committenza, nel campo del risparmio energetico, è portatrice di istanze che non riguardano la sfera tecnica, ma solo quella *economica*, avente a oggetto costi di realizzazione degli interventi, redditività, i giusti dimensionamenti, tempi di ritorno, rischi connessi con relativo grado di accettabilità, necessità finanziarie. *Queste* saranno le questioni da affrontare, ed è dunque necessario che il revisore energetico si impossessi *anche e soprattutto* dei principi dell'analisi costi-benefici, per entrare in sintonia col sentire del committente, ed essere in grado di confortare nella maniera più esauriente e convincente possibile le osservazioni cui sarà sottoposta l'opera che ci si attende da lui.

L'analisi costi-benefici non è un complemento alle conoscenze di un gestore dell'energia e non è pura contabilità; costituisce viceversa un potente strumento per individuare, selezionare e ordinare i possibili interventi di risparmio energetico, e per valutare l'incidenza di eventuali fattori di rischio. Essa orienta le scelte tecniche del progettista e le scelte finanziarie del decisore. Si sostituisce al *rasoio di Occam*: «Questo sì» e «Questo no», senza ambiguità e opacità.

Chi conosce l'analisi costi-benefici parla di efficienza energetica con consapevolezza, chi non la conosce resta confinato nell'area del buon senso, del 'sentito dire', del conformismo tecnologico, delle contingenze normative o incentivanti. Dal canto loro, i committenti dovrebbero pretendere pragmatismo e numeri, e non cedere alla tentazione di apparire aggiornati caldeggiando e adottando tecnologie *alla moda*.

L'analisi economica costituisce in conclusione il terreno comune su cui la comunità delle parti interessate può dialogare e intendersi.

1.1 Logica dell'analisi costi-benefici

Un'analisi costi-benefici si basa sul confronto tra il denaro speso per sostenere l'investimento e il denaro che si presume venga *generato* dall'investimento stesso nell'arco della propria vita. In termini elementari, va determinato il guadagno G di un'iniziativa che prometta un ricavo RIC a fronte di una spesa SP . La relazione che lega le precedenti variabili è, dall'aritmetica elementare (v. fig. 1):

$$G = RIC - SP \quad 1)$$

In pratica, secondo la 1) la spesa SP genera, *nello stesso istante* in cui è sostenuta, il beneficio RIC ; il guadagno G è dato dalla differenza tra RIC e SP . Se G è positivo, l'iniziativa produce un guadagno; viceversa produce una perdita. Nella realtà, le transazioni si svolgono con un differimento temporale tra le varie fasi dell'iniziativa economica: l'investimento viene effettuato al *momento zero* con denaro attuale; i benefici (i flussi di cassa FC) si renderanno disponibili solo nelle successive annualità (v. fig. 2). Estendendo la validità della 1), si potrebbe associare alla precedente operazione un vantaggio:

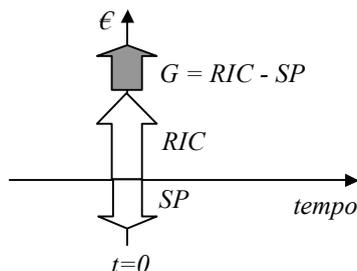
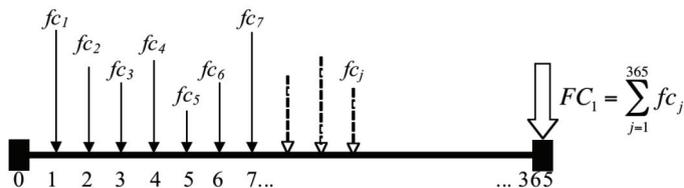


Fig. 1 – SP produce RIC e G al tempo t=0.

$$G = FC_1 + FC_2 + FC_3 + FC_4 + \dots + FC_n - I_0 = \sum_{j=1}^n FC_j - I_0 \quad 2)$$

avendo assunto l'anno¹ come intervallo-base tra un beneficio e l'altro.

¹ In realtà, il flusso di cassa FC è costituito dai flussi parziali fc_j che si manifestano di regola con continuità giorno per giorno lungo il corso dell'anno; sarebbe quindi più realistica, per es. per il primo anno, una raffigurazione come la seguente:



È prassi consolidata considerare il $FC_1 = \sum_{j=1}^{365} fc_j$ come occorrente nella sua totalità no-

minale (non rivalutata) alla scadenza del primo anno. Lo stesso principio vale per i flussi di cassa degli anni successivi.

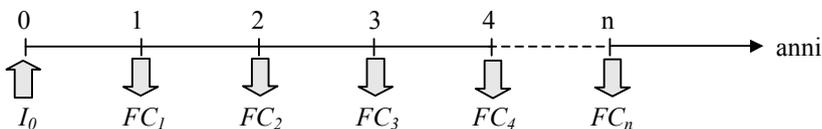


Fig. 2 - Flussi di cassa FC_j a fronte di un investimento I_0 .

La 2) tuttavia non può essere utilizzata poiché presuppone che soldi futuri siano uguali a soldi di oggi, mentre invece l'essere umano attribuisce maggior valore a una ricchezza attuale, piuttosto che alla stessa ricchezza – in valore nominale – disponibile nel futuro: 100 € attuali valgono di *più* di 100 € futuri. Un tale fenomeno, noto nelle scienze economiche come 'postulato di impazienza', *non può essere dimostrato*, ha esclusive radici nella psicologia dell'umano e *non dipende* dalla diminuzione del potere di acquisto nel tempo causata dall'inflazione.

Tutto accade come se nel DNA dell'*homo sapiens sapiens* fosse iscritta una sequenza genica che codifichi per una simile tendenza, e che ciò abbia portato, in qualunque epoca e a qualunque latitudine, a pretendere un *interesse* per il prestito di capitali². In conseguenza di ciò la relazione 2) dovrà essere corretta.

1.2 Meccanismi di capitalizzazione e attualizzazione

Il fattore che consente il confronto tra denaro disponibile in diversi momenti temporali è l'*interesse*. Se l'interesse è fissato nella percentuale di "R" all'anno, le due parti – creditrice e debitrice – converranno che un capitale K_0 , dato in deposito all'istante zero, è equivalente a un capitale K_1 , riscattabile tra un anno, pari a:

$$K_1 = K_0 + K_0 R = K_0 (1+R) \quad 3)$$

Nella 3), $K_0 R$ rappresenta la "quota interesse", proporzionale ad R [anni⁻¹]. Alla fine del secondo anno la parte creditrice ritirerebbe il montante K_1 e il premio per aver lasciato K_1 in giacenza per un secondo anno, cioè:

$$K_2 = K_1 + K_1 R = K_1 (1+R)$$

e, applicando la 3)³:

$$K_2 = [K_0 (1+R)](1+R) = K_0 (1+R)^2 \quad 4)$$

² L'interesse associato alla disponibilità di un capitale attuale appartiene alle seguenti categorie: costo del *servizio* (l'interesse è la remunerazione pretesa per l'erogazione del prestito); costo *opportunità* (si paga la rinuncia al capitale da parte del prestatore, col quale egli avrebbe condotto una speculazione che avrebbe generato profitto); costo di *rischio* (è fatto pagare il rischio di insolvenza da parte del debitore). Il concetto di 'interesse' e la pratica dell'usura sono già citati nella Bibbia, v. per es. *Levitico*, 25:36, 25:37 e *Salmi*, 15:5.

³ Per un tasso R_2 al secondo anno diverso da R_1 , la 4) diventa:

$$K_2 = K_0 (1+R_1)(1+R_2).$$

La regola di *capitalizzazione “composta”*, che fissa l’equivalenza tra un capitale K_0 attuale e un capitale K_n tra n anni, è dunque la seguente⁴:

$$K_n = K_0 (1+R)^n \quad 5)$$

Il meccanismo di *attualizzazione*, inverso alla capitalizzazione, permette invece di riportare al momento zero ricchezze future. Se dalla 5) si esplicita K_0 , si ottiene:

$$K_0 = \frac{K_n}{(1+R)^n} = K_n \cdot \frac{1}{(1+R)^n} \quad 6)$$

Il termine $1/(1+R)^n$ nella 6) è detto *fattore di attualizzazione* o *di sconto* e, per diverse coppie $[R, n]$, assume i valori di tab. 1.

Si supponga per es. di aver ricevuto un lascito in banca di 10.000 € vincolato a 4 anni. Desiderando la corresponsione immediata del capitale, con un costo operativo del 6%, il fattore di sconto sarebbe 0,792 (v. tab. 1), e applicando la 6), il capitale immediato corrisposto K_0 sarebbe di: $10.000 \cdot 0,792 = 7920$ €.

Tab. 1 - Fattori di sconto $1/(1+R)^n$.

Anni n	Interesse “R” (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,990	0,980	0,971	0,962	0,952	0,943	0,935	0,926	0,917	0,909
2	0,980	0,961	0,943	0,925	0,907	0,890	0,873	0,857	0,842	0,826
3	0,971	0,942	0,915	0,889	0,864	0,840	0,816	0,794	0,772	0,751
4	0,961	0,924	0,888	0,855	0,823	0,792	0,763	0,735	0,708	0,683
5	0,951	0,906	0,863	0,822	0,784	0,747	0,713	0,681	0,650	0,621
6	0,942	0,888	0,837	0,790	0,746	0,705	0,666	0,630	0,596	0,564
7	0,933	0,871	0,813	0,760	0,711	0,665	0,623	0,583	0,547	0,513
8	0,923	0,853	0,789	0,731	0,677	0,627	0,582	0,540	0,502	0,467
9	0,914	0,837	0,766	0,703	0,645	0,592	0,544	0,500	0,460	0,424
10	0,905	0,820	0,744	0,676	0,614	0,558	0,508	0,463	0,422	0,386
11	0,896	0,804	0,722	0,650	0,585	0,527	0,475	0,429	0,388	0,350
12	0,887	0,788	0,701	0,625	0,557	0,497	0,444	0,397	0,356	0,319
13	0,879	0,773	0,681	0,601	0,530	0,469	0,415	0,368	0,326	0,290
14	0,870	0,758	0,661	0,577	0,505	0,442	0,388	0,340	0,299	0,263
15	0,861	0,743	0,642	0,555	0,481	0,417	0,362	0,315	0,275	0,239
16	0,853	0,728	0,623	0,534	0,458	0,394	0,339	0,292	0,252	0,218
17	0,844	0,714	0,605	0,513	0,436	0,371	0,317	0,270	0,231	0,198
18	0,836	0,700	0,587	0,494	0,416	0,350	0,296	0,250	0,212	0,180
19	0,828	0,686	0,570	0,475	0,396	0,331	0,277	0,232	0,194	0,164
20	0,820	0,673	0,554	0,456	0,377	0,312	0,258	0,215	0,178	0,149

⁴ Per tassi di interesse diversi ogni anno, la 5) diventa:

$$K_n = K_0 \cdot \prod_{j=1}^n (1+R_j)$$

1.3 Flussi di cassa attualizzati e Valore Attuale Netto

È possibile ora costruire la versione corretta della 2). Tramite i relativi fattori di sconto si possono ora *attualizzare* i benefici – i flussi di cassa – tramite la relazione 6), ognuno in relazione all'anno di disponibilità, e farne la somma.

Si chiami *Valore Attuale* – *VA* – tale sommatoria:

$$VA = \frac{FC_1}{(1+R)} + \frac{FC_2}{(1+R)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+R)^n} = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+R)^j}$$

Esercizio 1

Sia prevista la seguente serie di flussi di cassa per i prossimi 5 anni:

FC_1	FC_2	FC_3	FC_4	FC_5
35.000 €	20.000 €	15.000 €	40.000 €	38.000 €

L'interesse pattuito *R* sia del 4%. Si calcoli il valore attuale *VA*.

In un regime economico a costo del denaro nullo i flussi di cassa avrebbero l'entità data dalla colonna A di tab. 2, per un totale di 148.000 €. Poiché il costo del denaro è del 4%, per *n* variabile da 1 a 5 anni si derivano i rispettivi valori del fattore di sconto dalla tab. 1 (colonna B di tab. 2) ottenendo la seguente lista:

Tab. 2 - Flussi di cassa attualizzati e non attualizzati.

<i>n</i>	A		B		AxB	
	FC_j		Fattore di sconto	=	FC_j attualizzati	
1	€ 35.000	×	0,962	=	€ 33.654	+
2	€ 20.000	×	0,925	=	€ 18.491	+
3	€ 15.000	×	0,889	=	€ 13.335	+
4	€ 40.000	×	0,855	=	€ 34.192	+
5	€ 38.000	×	0,822	=	€ 31.233	+
V=	€ 148.000				VA= € 130.905	

Il valore dei FC_j attualizzati è di € 130.905, invece dei € 148.000 per costo del capitale nullo (differenza del 12%). Il risultato sostanzia il concetto di *sconto* – in termini di riduzione – di un capitale futuro quando riportato al momento presente.

Determinato l'ammontare dei benefici attualizzati, e noto l'investimento iniziale, si definisce *Valore Attuale Netto* – *VAN* – la differenza:

$$VAN = VA - I_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+R)^j} - I_0 \quad 7)$$

Una volta calcolato, si analizzi il segno – positivo o negativo – del VAN^5 :

- 1) se risulta $VAN > 0$, il valore attuale dei benefici VA è superiore all'investimento I_0 impegnato per la loro generazione. È come se con I_0 fosse stata acquistata una *macchina da soldi*; se il VAN è positivo, la macchina restituirà nel corso della propria vita i soldi inseriti – lo stesso I_0 – oltre a ricchezza addizionale, il VAN . L'iniziativa sarebbe quindi remunerativa;
- 2) se risulta $VAN < 0$, avviene il contrario. La macchina da soldi, nell'arco della vita, non restituisce i soldi in essa inseriti (VA inferiore a I_0), quindi l'iniziativa economica *non* dovrebbe essere intrapresa;
- 3) se il VAN è nullo, o irrisorio rispetto a I_0 , l'iniziativa non produrrà né profitti né perdite. La sua realizzazione, dal punto di vista economico, è *indifferente* per l'investitore.

Si consideri ora un'iniziativa che richieda un certo investimento iniziale e prometta una serie di benefici monetari futuri. Per il calcolo del VAN , si inizino a individuare i singoli elementi della relazione 7).

Determinare I_0 non implica nessuna incertezza: una volta dimensionato in modo ottimale l'impianto efficiente, in genere si stende un capitolato e si invitano diverse aziende installatrici a produrre un'offerta. Si procede poi alla scelta individuando l'offerta 'chiavi in mano' che garantisca il miglior rapporto tra curriculum (serietà, affidabilità, analoghi impianti già installati, ecc.) e prezzo.

Più problematica è la previsione del generico flusso di cassa FC_j . Per il suo calcolo occorre valutare il risparmio energetico ΔE_j (kWh, metri cubi di gas naturale, kg di gasolio, ecc.) e il prezzo dell'energia (*non*) pagato c_e ; il flusso di cassa può dunque esprimersi come:

$$FC_j = \Delta E_j c_{e,j} \quad 8)$$

ΔE_j dipende da diverse variabili (ore annue, poteri calorifici, potenze termiche o elettriche, differenze di temperatura, ecc.) potendosi scrivere quindi:

$$\Delta E = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

Alcune variabili saranno note, ma altre saranno incognite a priori (per es. futuri gradi-giorno, coefficienti di carico, ecc.), mentre altre saranno a loro volta dipendenti da ulteriori variabili (si pensi al rendimento annuo di produzione del calore, dipendente dalla potenza del generatore, dalla potenza richiesta, dalle ore di funzionamento, dai gradi-giorno, dal sistema di regolazione, dal tipo di impianto, ecc.). È *impossibile* riuscire a prevedere con esattezza tali valori, seppur nel breve periodo, quindi si pone il problema di come procedere nel calcolo considerato che *non si può avere la certezza dei valori che i flussi di cassa assumeranno in corso d'opera*. È possibile superare l'impasse?

Come visto in precedenza, capitale futuro vale meno di capitale odierno. Questa moneta da 1 euro, domani varrà *meno* di 1 euro. È quindi necessario che, col capitale disponibile, siano acquistate *macchine da soldi* capaci di moltiplicare il valore

⁵ Noto anche come DCF (*Discounted Cash Flow*) oppure NPV (*Net Present Value*).

del capitale stesso, che lo facciano fruttare o quanto meno ne conservino il potere di acquisto ai valori odierni.

Le macchine da soldi non sono altro che opportunità di investimento a VAN positivo: i detentori del capitale vanno cercando queste opportunità. Sotto una simile pressione quindi, una risposta andrà fornita e i flussi di cassa futuri andranno in ogni caso quantificati. L'analisi costi-benefici indica la strada: si adotti l'ipotesi semplificativa di imporre la *costanza dei flussi cassa nel tempo*; ognuno di questi sarà uguale al valore dell'energia risparmiata nel primo anno, *valorizzata al costo energetico al tempo zero*. La relazione generale 8) diventa:

$$FC_0 = \Delta E_1 c_{e,0}$$

L'ipotesi introdotta potrebbe a prima vista apparire troppo ardita, considerato che i flussi di cassa non saranno mai uguali uno all'altro. Il metodo di analisi presentato contiene tuttavia in sé i propri anticorpi: grazie all'analisi di sensibilità, presentata al § 1.16, l'ipotesi semplificativa verrà rimossa e si osserverà l'evoluzione realistica del *VAN*.

1.4 Il fattore di annualità *FA*

Con la precedente assunzione, il *VAN* della 8) si semplifica in:

$$VAN = FC_0 \cdot \left[\frac{1}{(1+R)} + \frac{1}{(1+R)^2} \dots + \frac{1}{(1+R)^n} \right] - I_0 = FC_0 \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+R)^j} - I_0 \quad 9)$$

Si denomini *fattore di annualità FA* il termine: $\sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+R)^j}$

FA dipende solo da *R* ed *n*, e la tab. 3 ne riporta i valori.

La formula del *VAN* 9) diventa ora, in forma compatta:

$$VAN = FC_0 \cdot FA_{R,n} - I_0 \quad 10)$$

Esercizio 2

L'adozione di un macchinario energy saving, del costo di 15.000 € chiavi in mano, permette il risparmio di 10.000 Sm³ di gas naturale nel corso del primo anno. La vita stimata dell'intervento è di 7 anni, e il costo del capitale è valutato al 5%. Il gas naturale costa 0,50 €/Sm³. Si valuti il VAN dell'iniziativa.

Il Valore Attuale Netto è dato dalla 10), in cui:

$FC = 10.000 \cdot 0,50 = 5.000 \text{ €/anno}$	$FA (n=7, R=5\%, \text{v. tab 3}) = 5,79 \text{ anni}$
$I_0 = 15.000 \text{ €}$	$VAN = 5.000 \cdot 5,79 - 15.000 = +13.950 \text{ €}$

Tab. 3 - Fattori di annualità FA.

Anni <i>n</i>	Interesse "R" (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
2	1,97	1,94	1,91	1,89	1,86	1,83	1,81	1,78	1,76	1,74
3	2,94	2,88	2,83	2,78	2,72	2,67	2,62	2,58	2,53	2,49
4	3,90	3,81	3,72	3,63	3,55	3,47	3,39	3,31	3,24	3,17
5	4,85	4,71	4,58	4,45	4,33	4,21	4,10	3,99	3,89	3,79
6	5,80	5,60	5,42	5,24	5,08	4,92	4,77	4,62	4,49	4,36
7	6,73	6,47	6,23	6,00	5,79	5,58	5,39	5,21	5,03	4,87
8	7,65	7,33	7,02	6,73	6,46	6,21	5,97	5,75	5,53	5,33
9	8,57	8,16	7,79	7,44	7,11	6,80	6,52	6,25	6,00	5,76
10	9,47	8,98	8,53	8,11	7,72	7,36	7,02	6,71	6,42	6,14
11	10,37	9,79	9,25	8,76	8,31	7,89	7,50	7,14	6,81	6,50
12	11,26	10,58	9,95	9,39	8,86	8,38	7,94	7,54	7,16	6,81
13	12,13	11,35	10,63	9,99	9,39	8,85	8,36	7,90	7,49	7,10
14	13,00	12,11	11,30	10,56	9,90	9,29	8,75	8,24	7,79	7,37
15	13,87	12,85	11,94	11,12	10,38	9,71	9,11	8,56	8,06	7,61
16	14,72	13,58	12,56	11,65	10,84	10,11	9,45	8,85	8,31	7,82
17	15,56	14,29	13,17	12,17	11,27	10,48	9,76	9,12	8,54	8,02
18	16,40	14,99	13,75	12,66	11,69	10,83	10,06	9,37	8,76	8,20
19	17,23	15,68	14,32	13,13	12,09	11,16	10,34	9,60	8,95	8,36
20	18,05	16,35	14,88	13,59	12,46	11,47	10,59	9,82	9,13	8,51

Nella relazione finale del *VAN* data dalla 10) il fattore di annualità *FA* è l'elemento qualificante che consente l'attualizzazione dei flussi di cassa – i benefici – incorporando il costo del capitale *R* e la vita dell'iniziativa *n*. In un calcolo di convenienza, il *FA* viene però spesso assimilato a un coefficiente contabile, da estrapolarsi da apposite tabelle a multipla entrata, poste in appendice a un testo di economia finanziaria. L'utente finale di estrazione tecnica si trova così a utilizzare tali numeri senza una consapevolezza *critica*, col rischio di assumere coefficienti non corretti che potrebbero falsare l'analisi. Si fornirà dunque qualche ulteriore nozione sul *FA*, per apprezzarne valenza e importanza.

Tornando alla primitiva relazione 1), si supponga che il ricavo *RIC* si renda disponibile in egual misura per i prossimi *n* anni. Il guadagno dell'operazione è:

$$G = RIC \cdot n - SP$$

La 10), che prevede invece un interesse per la disponibilità di I_0 , è:

$$VAN = FC_0 \cdot FA - I_0$$

La struttura delle due relazioni è identica: al *VAN* corrisponde il guadagno *G*, al flusso di cassa *FC* il ricavo annuo *RIC*, all'investimento I_0 la spesa *SP*, al fattore di annualità *FA* la vita *n*. Infatti:

- *FA* si misura in anni (è l'inverso di un tasso di interesse annuo);

- FA è la sommatoria di tanti fattori di sconto e, ad $R=0$, segue che $FA=n$. Poiché il tasso R è maggiore di zero, ogni fattore di sconto è minore di 1, e la sommatoria di n termini inferiori all'unità è inferiore ad n . In pratica FA è una vita equivalente dell'iniziativa che, essendo inferiore alla vita n , sostanzia il citato "effetto sconto" che riduce la redditività (il beneficio viene moltiplicato, invece che per n , per un termine inferiore ad n).
- A esempio, per $n=6$ ed $R=5\%$ il fattore di annualità FA è 5,08 (v. tab 3); dalla tab. 1, 5,08 è la somma dei primi 6 fattori di sconto per $R=5\%$ (v. tab. 4):

Tab. 4 - Fattori di sconto (R=5%) costituenti il fattore di annualità.

Anni n	1	2	3	4	5	6	FA
	0,952 +	0,907 +	0,864 +	0,823 +	0,784 +	0,746 =	5,08

1.4.1 Operazioni con i fattori di annualità

Grazie al fattore di annualità si conducono in maniera semplice e spedita operazioni di attualizzazione di serie di flussi di cassa comunque disponibili nel tempo.

Esercizio 3

Si calcoli il valore attuale VA dei seguenti flussi di cassa costanti (con $R=5\%$):

anni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FC_j	700	700	700	700	700	700	700	700	-	-

Il valore attuale è pari a (vedi tab. 3 per $R=5\%$, $n=8$):

$$VA = FC \cdot FA_{5\%,8} = 700 \cdot 6,46 = 4.522 \text{ €}$$

Esercizio 4

Si calcoli il valore attuale della seguente distribuzione di flussi di cassa, sempre costanti, ma a partire da un anno successivo al primo:

anni	1	2	3	4	5	6	7
FC_j	-	-	-	1000	1000	1000	1000

Ricordando la definizione del FA , e ricordando le proprietà delle sommatorie, si può scrivere che (all'interesse del 5%):

$$\begin{aligned}
 VA &= 1000 \sum_{j=4}^7 \frac{1}{(1+R)^j} = 1000 \cdot \left(\sum_{j=1}^7 \frac{1}{(1+R)^j} - \sum_{j=1}^3 \frac{1}{(1+R)^j} \right) = \\
 &= 1000 \cdot (FA_{5\%,7} - FA_{5\%,3}) = 1000 \cdot (5,79 - 2,72) = 1000 \cdot 3,07 = 3070 \text{ €}
 \end{aligned}$$

Esercizio 5

Si calcoli il valore attuale dei seguenti flussi di cassa non costanti:

anni	3	4	5	6	9	11	12
FC_j	8000	8000	8000	8000	10.000	5000	5000

Si può scrivere (all'interesse del 5%):

$$VA = 8000 (FA_{5\%,6} - FA_{5\%,2}) + 10.000 \frac{1}{(1+R)^9} + 5000 (FA_{5\%,12} - FA_{5\%,10}) =$$
$$= 8000 (5,08 - 1,86) + 10.000 \cdot 0,65 + 5000 (8,86 - 7,72) = 37.960 \text{ €}$$

1.5 Casi applicativi di capitalizzazione e sconto

1.5.1 Da interesse annuo a interesse mensile. Rendimento di titoli pluriennali

L'interesse sul denaro può essere riferito a qualunque intervallo di tempo: l'anno, la semestralità, il mese. È importante poter riferire un tasso, riferito a un certo intervallo temporale, a un altro intervallo: per esempio dal mese all'anno, e viceversa.

Dato un capitale K_0 si valuti il montante dopo 1 anno al tasso R_a annuo. È:

$$K_1 = K_0 (1 + R_a)$$

Si disponga dello stesso capitale K_0 e si voglia investirlo a un certo tasso R_m mensile. Si vuole conoscere per quale valore di R_m il capitale maturato dopo 12 mesi equivalga al montante K_1 . Se dopo 1 anno i due montanti devono equivalersi, deve valere:

$$K_0 (1 + R_a) = K_0 (1 + R_m)^{12}$$

che risolta per R_m , dà:

$$R_m = \sqrt[12]{(1 + R_a)} - 1$$

Per esempio, un tasso del 7% annuo corrisponde a un tasso mensile:

$$R_m = \sqrt[12]{(1 + 0,07)} - 1 = 0,565\%$$

e non, come si potrebbe a prima vista ritenere, a: $7\% \div 12 = 0,583\%$.

Se il capitale K_0 fosse fatto montare per interessi *pluriennali* – si supponga che la restituzione avvenga dopo p anni, per un interesse pluriennale R_p – si avrebbe:

$$K_0 (1 + R_a)^p = K_0 (1 + R_p)$$

da cui:

$$R_a = \sqrt[12]{(1 + R_p)} - 1$$

Per es., una quota K_0 sia restituita dopo 7 anni rivalutata al 21,23% settennale. L'interesse annuo equivalente è:

$$R = \sqrt[7]{1,2123} - 1 = 2,79\% \text{ annuo}$$

1.5.2 Determinazione di una rata annuale

Quando non è disponibile capitale per finalizzare un acquisto, si può ricorrere a un istituto finanziatore. Questo erogherà il capitale, e la parte debitrice si impegnerà alla restituzione secondo un piano di ammortamento basato su rate periodiche (mensili, semestrali, annuali, ecc.).

Dati un capitale, il periodo di restituzione e il tasso di sconto praticato, si pone il problema della determinazione della rata periodica, ritenuta per semplicità costante⁶. La situazione è raffigurata nello schema di fig. 3. La parte creditrice eroghi alla parte debitrice il capitale K_0 . Le due parti convengono che l'erogazione immediata di tale capitale equivale alla corrisponsione di n rate annuali consecutive, ognuna di entità q , a un tasso fisso R .

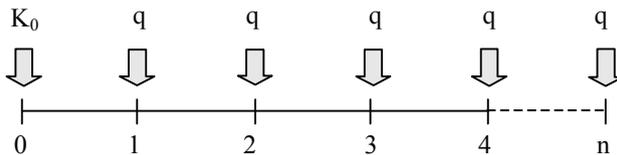


Fig. 3 - Schema di rateazione per la restituzione di un capitale K_0 .

Per determinare l'entità della rata q si scriva:

$$K_0 = \frac{q}{1+R} + \frac{q}{(1+R)^2} + \dots + \frac{q}{(1+R)^n} = q \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+R)^j} = q \cdot FA$$

La rata annua da corrispondere per n anni al tasso R è quindi pari a:

⁶ Il caso presentato descrive un *ammortamento a rate posticipate* (le rate si pagano alla scadenza dei singoli periodi). Esistono molti metodi di restituzione di un capitale comprensivo di interessi: italiano, francese, tedesco, americano, ognuno originante un diverso piano di ammortamento. Si rimanda il lettore interessato alla specifica letteratura.

$$q = \frac{K_0}{FA} \quad 11)$$

Si può inoltre dimostrare che (v. Appendice 1.1):

$$FA = \frac{(1+R)^n - 1}{(1+R)^n R} \quad 12)$$

da cui:

$$q = K_0 \left[\frac{(1+R)^n R}{(1+R)^n - 1} \right] \quad 13)$$

Esercizio 6

Per un prestito di $K_0 = 10.000$ € viene previsto un piano di restituzione in 36 mensilità all'interesse dell' 1% al mese. Si determini l'entità della rata mensile.

Nella relazione 13) n è pari a 36, R è pari all'1%. Si ottiene quindi:

$$q = K_0 \frac{(1+R)^n R}{[(1+R)^n - 1]} = 10.000 \frac{(1+0,01)^{36} 0,01}{[(1+0,01)^{36} - 1]} = 332,14 \text{ €/mese}$$

Come regola per l'applicazione della 13), si ricordi che l'unità di misura di n all'esponente del fattore $(1+R)$ deve corrispondere al periodo temporale cui è riferito l'interesse R : se R è riferito al mese, n sono mesi, e così via.

1.5.3 Il costo della disponibilità di denaro cash

Quanto appena visto è applicabile anche alla valutazione della perdita in cui si incorre volendo disporre di denaro *cash* invece che lasciandolo depositato in una qualunque forma a fruttare (un seppur basso) interesse annuo. Se si vuole disporre di 10.000 € fra 5 anni, si possono seguire due strade:

- 1) mettere oggi in cassaforte 10.000 €, e prelevarli tra 5 anni;
- 2) investire in una transazione – per es. al 2% annuo sul capitale – la somma:

$$\frac{K_0}{(1+R)^n} = \frac{10.000}{(1+0,02)^5} = 9057 \text{ €}$$

che dopo 5 anni sarà diventata proprio:

$$9057 (1+0,02)^5 = 10.000 \text{ €}$$

Se K_0 fosse lasciato a fruttare avrebbe un valore attuale di: $\frac{[K_0(1+R)^n]}{(1+R)^n} = K_0$

ossia, lo stesso valore del capitale attuale, come deve essere; lo stesso capitale lasciato in cassaforte avrebbe un valore, tra n anni, di K_0 , ma un valore attuale di:

$$\frac{K_0}{(1+R)^n}$$

La procedura illustrata dà sostanza all'affermazione fatta al § 1.3 per la quale "Questa moneta da 1 euro, domani varrà meno di 1 euro", ed è uno dei tanti paradossi dell'attualizzazione. Un capitale, a seconda del destino che lo attende, è connotato da una duplice natura: 1) il suo valore attuale, e 2) il valore attuale che avrebbe se si realizzasse il suo destino capitalizzato. Nel caso in esempio, se si volesse sempre disporre (per sicurezza, tranquillità, comodità, ecc.) di K_0 € per n anni in forma *cash*, si rinuncia a una sicura remunerazione al tasso R (al limite, l'interesse concesso da un *c/c online* o da titoli di stato). Ossia si sta rinunciando alla differenza tra i due capitali (quello investito e quello lasciato *cash*) pari a:

$$K_0 \left[1 - \frac{1}{(1+R)^n} \right]$$

Se il capitale fosse ancora di 10.000 €, e si sta perdendo una remunerazione del 2% annuo per i prossimi 5 anni, si sta rinunciando a:

$$10.000 \cdot \left[1 - \frac{1}{(1+0,02)^5} \right] = 943 \text{ €}$$

La conclusione rafforza il concetto per il quale *la disponibilità di capitale ha un costo*: si rinuncia a 943 € in cambio della continua disponibilità di 10.000 €. Il detentore del capitale deve formarsi un giudizio sulla congruità di tale valore, per poter assumere la decisione più conveniente su basi di reale consapevolezza.

1.6 Parametri per il calcolo del VAN

1.6.1 Investimento I_0

Il termine I_0 finora introdotto nelle varie espressioni del VAN è il costo *complessivo* da sostenere al tempo zero per innescare gli n flussi di cassa.

Spesso voci pertinenti all'investimento vengono confuse con voci relative ai flussi di cassa. Per evitare che ciò accada ed evitare al contempo duplicazioni o dimenticanze di alcune voci, si ricordi che:

- A. l'investimento è la spesa da sostenere all'inizio e *solo* all'inizio dell'iniziativa; le sue voci componenti sono distinguibili da quelle dei flussi di cassa perché esse vanno sostenute *una sola volta*;
- B. le spese nei flussi di cassa sono invece *ricorsive*: stipendi, oneri per manutenzione ordinaria, materie prime, ecc. vanno pagati ogni anno.

Caratteristiche dell'investimento sono la *completezza* e l'*immediatezza*: affinché l'operazione sia realizzabile, il capitale deve essere disponibile *tutto e subito*; un anticipo, o una promessa di pagamento, non servono a nulla: non si può vantare, a garanzia dell'acquisto dell'oggetto che produrrà i flussi di cassa, un biglietto di una lotteria *prima* dell'estrazione. Tale concetto non va confuso con le modalità di restituzione dell'eventuale debito che è stato contratto per assicurarsi il capitale I_0 . La stipula per es. di un contratto di mutuo comporta che, a fronte di un ventaglio di garanzie reali pretese dall'istituto e possedute dal richiedente, si ha la copertura (la *solvibilità*) per poter ottenere I_0 , la cui disponibilità al tempo zero è dunque da considerarsi completa. Le modalità di restituzione attengono invece prassi contrattuali di tipo privatistico, che possono prevedere la più ampia gamma di alternative, dalla modalità a rata fissa, a rata variabile, a rata unica, a scadenza mensile, annuale, pluriennale, ecc., e in cui le modalità di ricostituzione del capitale nel tempo *equivalgono* comunque all'immediata disponibilità dell'intero I_0 . *La tematica del finanziamento influenza il VAN solo tramite il relativo tasso di interesse.*

Nella maggior parte dei casi, l'importo di I_0 consiste nel prezzo netto dell'apparato produttivo (un impianto, un'apparecchiatura, ecc.) e il dato è di norma riportato su un documento di offerta quando sia stata richiesta una quotazione *chiavi in mano*. Se si volesse realizzare l'iniziativa *in economia*, oltre al costo dell'apparato bisogna quantificare, se pertinenti, anche le voci di seguito citate.

1. Costo della progettazione.
2. Costo del trasporto, oltre a eventuali tasse doganali.
3. Costo del montaggio o della posa in opera.
4. Costo per l'avviamento, consistente in:
 - sovracosto per le operazioni necessarie all'avvio;
 - eventuali oneri per mancata produzione, consistenti nel fatto che la pianificazione economica del progetto comporta l'entrata di un FC annuo costante per n anni, con cui ricostituire il capitale I_0 e accantonando il VAN . Ma se a causa di un lungo avviamento non viene garantito l'ingresso del completo FC al primo anno, essendo i conteggi eseguiti a flussi costanti con durata del progetto fissa e pari ad n , questo si traduce in una perdita 'attuale' pari a $\Delta FC/(1+R)$, se ΔFC è la perdita di flusso di cassa al primo anno. Questa avviene una sola volta, quindi va imputata alla voce 'investimento';
5. Onere per aumento di *capitale circolante*⁷ indotto dall'installazione del nuovo apparato. Per es., nel momento in cui una parte di capitale ΔI_0 viene cristallizza-

⁷ Il *capitale circolante* è definito come la differenza tra le attività (per es. dovute alla disponibilità di denaro liquido, crediti vantati nei confronti di clienti, giacenze in magazzino) e passività (per es. debiti contratti nei confronti di fornitori) a breve termine; in pratica consiste in capitale, sotto forma mobile e immobile, non suscettibile di produrre interessi.