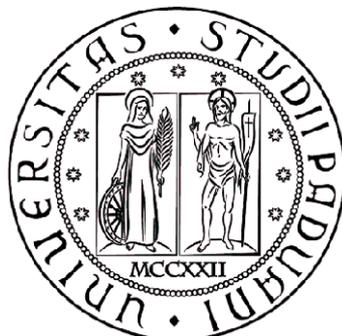


UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI INGEGNERIA



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica

Tesi di laurea Magistrale

**METODOLOGIE DI ANALISI DEGLI INVESTIMENTI IN IMPIANTI DI
PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI**

Relatore: Prof. Ing. Arturo Lorenzoni

Dipartimento di Ingegneria Elettrica

Correlatore: Ing. Matteo Segafredo

Enrive S.p.a.

Laureando: Marco Tarabotti

ANNO ACCADEMICO 2011-2012

Indice

1. Introduzione	p.7
2. Gli Investimenti	p.9
2.1. Definizione di investimento	p.9
2.2. Valutazione e scelta degli investimenti nel settore energetico	p.12
3. Investire nelle fonti di energia rinnovabili	p.13
3.1. Introduzione	p.13
3.2. Il mercato dell'energia in Italia e il peso delle fonti rinnovabili	p.14
3.2.1 Il bilancio energetico nazionale	p.14
3.2.1. Il parco di generazione elettrica italiano	p.15
3.2.2. Le fonti rinnovabili	p.15
3.3. La politica energetica nazionale e il quadro normativo di riferimento	p.19
3.3.1. Le politiche per l'energia e l'ambiente	p.19
3.3.2. Il Piano di Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili (PAN FER)	p.19
3.3.3. Gli incentivi	p.20
3.4. Il ruolo degli istituti finanziari	p.21
3.5. Considerazioni conclusive	p.23
4. Concetti economici introduttivi	p.25
4.1. Il concetto di "attualizzazione" e valore attuale (VA)	p.25
4.2. Calcolo del valore attuale e del valore attuale netto	p.25
4.3. Rischio e valore attuale	p.27
4.4. Tasso di interesse e valore nel tempo del denaro	p.28
4.5. Tasso di Inflazione e tassi di interesse nominale e reale	p.29
5. Criteri di valutazione degli investimenti	p.33
5.1 Metodo dei flussi di cassa attualizzati DCF (<i>Discounted Cash Flow</i>) e criterio del Valore attuale netto (VAN) - <i>Net Present Value</i> (NPV)	p.33
5.1.1 VAN e preferenze individuali	p.35
5.1.2 Criteri alternativi al VAN	p.37
5.2 Metodo del periodo di recupero PBP (<i>Payback Period</i>)	p.38
5.2.1 Pregi e difetti del metodo del periodo di recupero	p.39
5.3 Metodo del periodo di recupero attualizzato: applicazione, pregi e difetti	p.41
5.4 Metodo del tasso interno di rendimento TIR – IRR (<i>Internal Rate of Return</i>)	p.42
5.4.1 Calcolo del TIR	p.43
5.4.2 La regola del TIR	p.44
5.4.3 Trappola 1: investimento o finanziamento?	p.45
5.4.4 Trappola 2: tassi di rendimento multipli	p.46
5.4.5 Trappola 3: progetti alternativi	p.47
5.4.6 Trappola 4: che cosa succede quando non possiamo dimenticare la struttura per scadenza dei tassi di interesse?	p.50
5.4.7 Giudizio finale sul TIR	p.50
5.5 Rischio e rendimento	p.51
5.5.1 Rischio specifico e rischio sistematico	p.51
5.5.2 Il rischio sistematico è misurato dal beta	p.51
5.5.3 Il calcolo del beta	p.51
5.5.4 L'approccio CAPM (<i>Capital Asset Pricing Model</i>): relazione tra rischio e rendimento, ipotesi e limiti nella sua applicazione	p.52
5.6 Il costo medio ponderato del capitale (WACC - <i>Weighted Average Cost of Capital</i>)	p.55
5.7 Analisi Monte Carlo	p.56
5.7.1 Metodo Monte Carlo	p.56
5.7.2 Esempio analisi di un progetto tramite simulazione Monte Carlo	p.59
5.7.3 Considerazioni sull'impiego del metodo Monte Carlo	p.61

6. Aspetti innovativi nella valutazione degli investimenti industriali	p.65
6.1 Considerazioni strategiche nella valutazione degli investimenti	p.65
6.2 Le opzioni finanziarie	p.67
6.3 Le opzioni nei progetti di investimento industriali	p.71
6.4 Classificazione delle opzioni reali	p.72
6.4.1 L'opzione di differimento	p.72
6.4.2 L'opzione di ampliamento	p.73
6.4.3 L'opzione di abbandono	p.74
6.4.4 L'opzione di flessibilità	p.75
6.5 L'approccio alle opzioni reali nei progetti di investimento nel settore energetico e nelle RES (<i>renewable energy sources</i>)	p.77
6.6 Considerazioni finali	p.80
7. L'energia da biomasse	p.81
7.1 La risorsa	p.81
7.2 Stato della ricerca	p.83
7.3 I principi di conversione per l'utilizzo	p.84
7.3.1 La conversione biochimica	p.84
7.3.1.1 La digestione anaerobica	p.85
7.3.1.2 La digestione aerobica	p.85
7.4 La produzione di biogas	p.86
7.4.1 La digestione dei rifiuti urbani nelle discariche	p.86
7.4.2 La digestione dei reflui zootecnici	p.87
7.5 Le biomasse in Italia	p.89
7.5.1 Numerosità e potenza degli impianti a biomasse in Italia	p.89
7.5.2 Evoluzione della numerosità e della potenza degli impianti a biomasse in Italia	p.90
7.5.3 Evoluzione della potenza installata degli impianti a biomasse in Italia Secondo tipologia di impianto	p.91
7.5.4 Numerosità e potenza degli impianti a biomasse nelle Regioni	p.92
7.5.5 Produzione degli impianti alimentati da biomasse in Italia dal 2004 al 2009	p.93
7.5.6 Distribuzione regionale della produzione da biomasse nel 2009	p.94
8. Relazione tecnico-descrittiva di un impianto di cogenerazione da biogas	p.95
8.1 Introduzione	p.95
8.2 Biomasse disponibili ed utilizzate	p.97
8.3 Stoccaggio delle biomasse	p.99
8.3.1 Stoccaggio biomasse vegetali	p.99
8.3.2 Stoccaggio dei reflui zootecnici da avviare a processo di digestione	p.99
8.4 Descrizione dei componenti dell'impianto di digestione	p.100
8.4.1 Vasca di premiscela	p.100
8.4.2 Digestori anaerobici primari	p.100
8.4.3 Vasca di scarico digestato	p.102
8.4.4 Separatore solido liquido	p.103
8.4.5 Vasca temporanea chiarificato	p.104
8.4.6 Vasca stoccaggio chiarificato	p.104
8.4.7 Stoccaggio frazione solida del digestato	p.105
8.4.8 Vasca antincendio	p.105
8.4.9 Vasca accumulo biomasse liquide	p.105
8.4.10 Interconnessioni idrauliche	p.105
8.4.11 Quadro elettrico di controllo e potenza impianto digestore	p.105
8.5 Aspirazione e trattamento del biogas	p.106
8.6 Cogeneratore a biogas	p.107
8.6.1 Motore endotermico	p.107
8.6.2 Generatore	p.107
8.6.3 Sistema idraulico recupero termico / dissipazione acqua motore	p.107
8.6.4 Rampa Biogas Motore	p.108
8.6.5 Bilancio energetico	p.109
8.7 Opere ed attività accessorie	p.110

8.7.1 Scarichi idrici	p.110
8.7.2 Dismissione	p.111
8.8 Il valore aggiunto per le imprese agricole	p.112
9. Strumenti di valutazione - Focus sull'impianto Società 1	p.113
9.1 Gli elementi del piano economico finanziario	p.114
9.1.1 Principali dati di <i>input</i>	p.114
9.1.2 Altri elementi del PEF	p.123
9.2 Risultati	p.125
9.3 Sintesi dei risultati	p.131
10. Visione del cantiere del progetto Società 1	p.133
11. Strumenti di valutazione - Focus sull'impianto Società 2	p.141
11.1 Inquadramento del progetto	p.141
11.2 Localizzazione del progetto	p.142
11.3 Descrizione del progetto	p.143
11.3.1 Centrale 2 (impianto esistente da 370 kW)	p.143
11.3.2 Centrale 3 (710 kW)	p.144
11.3.3 Centrale 1 (800 kW)	p.146
11.4 Analisi delle portate	p.147
11.5 Dati di input	p.148
11.6 Risultati	p.154
11.7 Sintesi dei risultati	p.156
12. Conclusioni	p.157
Bibliografia	p.159

1. INTRODUZIONE

La tesi è stata svolta durante un periodo di stage in collaborazione con la società Enrive S.p.a. (Energie Rinnovabili Veneto), con l'obiettivo di focalizzare il lavoro sull'aspetto economico che, nel settore delle energie rinnovabili ma anche in ogni altro settore, occupa uno degli aspetti di maggiore importanza. Enrive S.p.a. è una società costituita da Veneto Sviluppo, società finanziaria della Regione Veneto, e da Sinloc S.p.A., società fondata da nove fondazioni di origine bancaria e da Cassa Depositi e Prestiti. Enrive è stata costituita con lo specifico obiettivo di sostenere il settore delle energie rinnovabili in Veneto. Enrive contribuisce e partecipa a progetti di investimento nel settore delle energie rinnovabili svolgendo attività di pianificazione economico-finanziaria, valutazione dei possibili rischi del progetto e del loro impatto sul rendimento dell'iniziativa.

La tesi si propone di studiare i metodi di valutazione degli investimenti e la loro applicazione nel settore delle energie rinnovabili; il lavoro è costituito da una fase iniziale di approfondimento degli stessi dal punto di vista teorico, e da una fase successiva di applicazione di alcuni di questi metodi a due progetti reali, attualmente in fase di valutazione da parte di Enrive.

La fase di approfondimento teorico delle metodologie di analisi dei progetti inizia con l'introduzione di alcune nozioni economiche basilari, tra cui il concetto di attualizzazione. A seguito, ciascuno dei metodi tradizionali è stato trattato considerando i punti di forza e le debolezze che li caratterizzano nell'applicazione pratica.

Sono considerati metodi tradizionali il VAN, il TIR e il Tempo di ritorno dell'investimento. Un'estensione di questi metodi è costituita dal Metodo Monte Carlo, il quale risulta essere estremamente utile qualora le variabili aleatorie in gioco assumano un numero elevato tale da rendere difficoltoso lo svolgimento di una corretta valutazione economica. Il suo impiego richiede l'utilizzo di un calcolatore ed una ricostruzione del comportamento delle variabili aleatorie attraverso una formulazione statistica delle stesse (media e varianza). Trattasi di un metodo iterativo che fornisce i risultati medi dei valori che gli indicatori economici di interesse assumono durante migliaia di iterazioni sulla base delle distribuzioni statistiche delle variabili. Pregi e difetti sono stati argomentati.

Un Capitolo è stato dedicato ai cosiddetti "aspetti innovativi". Lo studio delle opzioni reali porta a pensare che stia diventando sempre più necessario implementare le valutazioni tradizionali con metodi che consentano di attribuire un valore economico alle operazioni che l'investitore può scegliere di esercitare o meno in un futuro limitato, con l'obiettivo di ridurre il rischio delle iniziative intraprese, limitando le perdite in caso di ambiente sfavorevole, o di aumentare i ricavi nel caso in cui l'ambiente si presenti favorevole.

Questo lavoro di tesi si è concluso con l'applicazione dei metodi tradizionali a due casi reali, senza riportare riferimenti diretti alle società coinvolte. Per questo si è scelto di denominarle "Società 1" e "Società 2". Per il progetto Società 1 è stato richiesto ed ottenuto dai soci il consenso alla pubblicazione della documentazione inserita, tra cui le foto personalmente scattate in cantiere. Per il progetto Società 2, essendo ancora in una fase di interesse preliminare da parte di Enrive, si è ridotto al minimo ogni riferimento.

La due valutazioni hanno consentito di fare considerazioni concettualmente differenti. Si è dunque ritenuto opportuno argomentare i risultati in modo diverso, approfondendo soprattutto le strutture economiche dei componenti più rilevanti del Piano Economico Finanziario per il progetto Società 1, mentre dal progetto Società 2 si sono tratte considerazioni legate ad alcuni aspetti caratterizzati da una elevata incertezza e difficoltà di stima, osservando come una loro variazione impatti sulla redditività del progetto.

2. GLI INVESTIMENTI

Prima di addentrarsi nel settore delle energie rinnovabili si ritiene opportuno introdurre il significato di investimento, per poi approfondire alcuni concetti base di economia legati agli investimenti nel settore industriale. Concetti chiave e metodi di valutazione che potranno poi essere applicati al settore delle energie rinnovabili, tenendo conto di alcune caratteristiche specifiche che verranno trattate nel corso dell'elaborato.

2.1 Definizione di investimento

Un investimento, di qualunque natura esso sia, è un'operazione di trasferimento di risorse nel tempo, caratterizzata dal prevalere di uscite monetarie nette in una prima fase e di entrate monetarie nette in una fase successiva.

Naturalmente, quando l'iniziativa viene presa ci si attende che le seconde, nel loro insieme, siano maggiori rispetto alle prime, cosicché al semplice trasferimento di risorse si accompagni anche un accrescimento delle stesse. Indipendentemente dal suo esito, l'investimento provocherà una distribuzione di flussi monetari di diverso segno nel tempo, in modo tale che inizialmente, come si è detto, prevalgano le uscite nette ed in seguito le entrate nette.

L'ottenimento di una maggiorazione delle risorse nel corso del progetto può sembrare l'ovvio obiettivo da perseguire; nella pratica però potrebbe non essere così. Sono infatti tutt'altro che rari i casi di investimento (nel senso stretto di sostenimento di costi dotati di utilità pluriennale) che non sono compiuti in vista dell'acquisizione di specifiche entrate monetarie, o per i quali, comunque non è possibile determinare in concreto questi flussi positivi. Basti pensare alle iniziative intraprese per esigenze di ordine giuridico o sociale, per motivi di sicurezza o di prestigio, per ragioni strategiche o di funzionalità generale. Naturalmente, le decisioni di un'impresa hanno sempre un fine utilitaristico e, da tali scelte, essa si attende comunque un'influenza positiva, seppur a volte difficilmente misurabile, sui flussi monetari futuri. Nel presente elaborato si prenderanno in considerazione investimenti della seconda tipologia descritta, cioè finalizzati al perseguimento di un utile monetario.

Una tipica situazione di investimento è illustrata nella Figura 2.1.1.

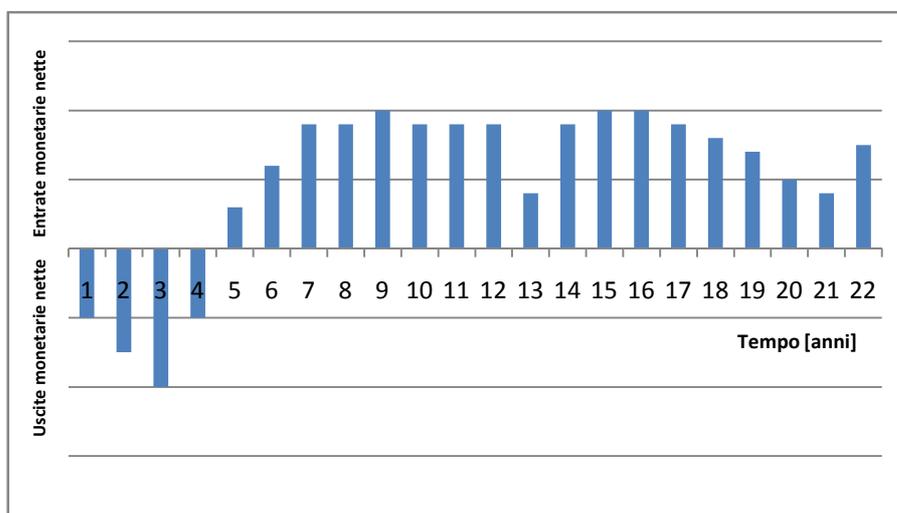


Figura 2.2.1 - Profilo finanziario di un'operazione di investimento.

Sull'asse delle ascisse sono riportati i tempi, espressi in anni; sull'asse delle ordinate i flussi monetari positivi e negativi. Per dare un'interpretazione concreta all'esempio, supponiamo che l'iniziativa riguardi la costruzione di un nuovo stabilimento. In un primo periodo (fase di impianto), che può essere relativamente breve oppure durare anche diversi anni, l'impresa sostiene una serie di costi per la realizzazione del complesso produttivo; tali costi, nel momento in cui sono liquidati, provocano una serie di uscite monetarie. Lo stabilimento, in seguito può entrare gradualmente in funzione. Per l'impresa allora si producono sia costi che ricavi, ai quali conseguono uscite ed entrate monetarie. A volte nei primi tempi, quando gli impianti ancora non operano in condizioni di regime normale, le uscite sono superiori alle entrate, sicché il flusso monetario netto è ancora negativo. Da un certo punto in poi, tuttavia, le seconde prevalgono sulle prime: si determinano allora, per l'impresa, dei flussi netti positivi (periodo di esercizio).

Tali flussi di solito presentano un andamento crescente per qualche tempo, finché il complesso produttivo non ha raggiunto le migliori condizioni di funzionalità. In seguito possono evolversi in vario modo (ad esempio possono mantenersi più o meno stabili per un certo numero di anni, oppure mostrare una lenta e costante espansione) finché non interviene la fase del declino, dovuta al progressivo aumento dei costi (uscite), a causa dell'invecchiamento degli impianti, oppure alla diminuzione dei ricavi (entrate) a seguito della comparsa di prodotti maggiormente competitivi.

A questo punto lo stabilimento può essere messo in liquidazione, il che provoca sul piano finanziario delle entrate finali di realizzo, dei costi di smaltimento, oppure può essere rinnovato. In tal caso, per uno o più esercizi si possono nuovamente avere dei flussi monetari netti negativi (uscite superiori alle entrate), seguiti, come in precedenza, dalla formazione di entrate nette positive. Nella Figura 2.1.1 sono ipotizzati un rinnovo parziale intermedio, che riduce tangibilmente il flusso monetario dell'anno in cui si verifica, pur senza renderlo negativo, ed un introito finale di realizzo.

Una situazione molto simile si può avere anche nel settore energetico delle fonti rinnovabili in certe tipologie di impianti di produzione; per esempio i pannelli di un campo fotovoltaico sono soggetti all'invecchiamento durante l'esercizio, altre tecnologie invece sono meno sottoposte a questo problema ma potrebbero piuttosto subire modifiche o rinnovamenti. Generalmente comune è invece la fase di smaltimento al termine del funzionamento dell'impianto.

Tornando alla situazione di Figura 2.1.1, una situazione sostanzialmente analoga, dal punto di vista finanziario, si determina nel semplice caso dell'acquisto di una nuova macchina destinata a sostituirla una vecchia, ormai obsoleta. In tale ipotesi, l'impresa dovrà registrare, nell'anno in cui effettua l'investimento, un'uscita netta corrispondente al costo della nuova unità, diminuito (aumentato) dell'eventuale ricavo (costo) di eliminazione della vecchia. Successivamente, con l'entrata in esercizio della macchina, si produrranno per l'azienda, rispetto al passato, minori uscite a parità di entrate. Si avrà dunque per ogni anno un flusso monetario incrementale positivo, corrispondente ai minori costi di esercizio della nuova unità. Questi flussi saranno integrati, al termine della vita economica della macchina, dall'entità corrispondente al suo valore di realizzo.

Questa volta l'analogia può essere vista nei confronti degli interventi in efficienza energetica dove appunto, a seguito di un investimento iniziale, i minori esborsi negli anni successivi si traducono in flussi di cassa entranti pari al risparmio che gli interventi stessi portano.

Se questa è la fisionomia di una generica operazione di investimento, sia esso nel settore di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili o in qualsiasi altro settore, si può concludere che ai fini di un giudizio di opportunità è necessario tenere conto simultaneamente di tre circostanze che verranno approfondite nel corso dell'elaborato:

- entità dei flussi associati all'investimento;
- la distribuzione temporale di tali flussi;
- il valore finanziario del fattore tempo.

Si introducono ora i concetti di questi tre aspetti.

Per quanto riguarda il primo punto, a parità di altre condizioni, è evidente che fra due investimenti alternativi sarà preferibile quello che presenta il saldo totale netto positivo maggiore fra entrate ed uscite. In particolare, a parità di impiego iniziale, e ferma ogni altra considerazione, sarà giudicata preferibile l'alternativa che offre le entrate nette complessive più elevate nel periodo di esercizio.

La dimensione dei flussi relativi all'investimento non può tuttavia costituire l'unico aspetto degno di rilievo. Anche la loro distribuzione temporale ha importanza. E' chiaro che, a parità di altre condizioni, fra due iniziative sarà da preferire quella i cui flussi netti d'entrata si presentano più ravvicinati nel tempo. In questo caso, le risorse monetarie generate dall'investimento si rendono infatti disponibili con anticipo per altri impieghi. Il grado di rischio gravante sull'operazione può inoltre essere considerato inferiore, posto che il rischio di regola è funzione crescente nel tempo.

L'entità e la distribuzione temporale dei flussi permettono di definire i connotati di un investimento, ma non rendono ancora possibile la formulazione di un giudizio di convenienza. Si supponga di avere di fronte due progetti alternativi, che comportino ugual impiego finanziario iniziale ma che producano flussi netti positivi diversi per entità e per distribuzione temporale. Con questi soli elementi a disposizione, la scelta è possibile solo in pochi casi: ad esempio quando ogni anno i flussi di un progetto siano superiori rispetto a quelli dell'altro. Tuttavia, situazioni analoghe nella realtà sono abbastanza rare. Si supponga allora, per semplicità, che un progetto presenti dei flussi globalmente superiori, e l'altro dei flussi molto più accelerati. E' chiaro che la preferenza per l'una o per l'altra caratteristica, ai fini della decisione, dipende da un terzo elemento: il valore finanziario del tempo. Se esso è elevato, la scelta tenderà a spostarsi a favore dei flussi più ravvicinati; se è modesto, si attribuirà maggior peso all'entità dei flussi.

Il valore del tempo, sotto il profilo finanziario, è rappresentato dal costo (percentuale periodico) che si sostiene per anticipare un'entrata o per ritardare un'uscita, oppure dal ricavo (sempre percentuale periodico) che si consegue accettando di rinviare un'entrata o di accelerare un'uscita. Nel caso più semplice e più intuitivo, si può pensare che questo costo e questo ricavo siano espressi dal tasso di interesse corrente, ammettendo che esso si applichi alle operazioni finanziarie passive compiute dall'impresa come a quelle attive. Posto che i finanziamenti possono derivare da molteplici canali ed essere ottenuti con vari strumenti, a costi diversi, si può anche parlare in generale di costo del capitale, inteso come il valore medio delle remunerazioni che devono essere riconosciute alle varie categorie di finanziatori, azionisti compresi. Ciò vale naturalmente per le operazioni finanziarie passive; per quelle attive, che quindi portano ad ottenere remunerazioni, si dovrebbe invece considerare un costo opportunità, che si incontrerà nei capitoli successivi.

Quindi, è proprio l'esistenza del valore finanziario nel tempo a non rendere omogenei i flussi monetari che si verificano in momenti diversi, e quindi a determinare l'esigenza di tener conto, ai fini della valutazione dell'investimento, della distribuzione temporale delle uscite e delle entrate nette.

I concetti fin qui introdotti in modo intuitivo verranno approfonditi nel seguito del lavoro.

Per ora, detti i tre aspetti di cui bisogna tenere conto simultaneamente in una valutazione di investimento, ciò che è importante comprendere è che i motivi per i quali si può ritenere che una somma disponibile oggi abbia un valore più elevato di una somma di uguale importo ottenibile far un anno o più anni sono molteplici. Innanzitutto, l'ottenimento di una somma futura è in generale soggetto ad un grado di rischio; in secondo luogo, la struttura delle preferenze dell'operatore, che potrebbe essere tale da attribuire maggiore utilità a ciò che è prontamente disponibile; infine, il trasferimento di risorse nel tempo comporta un costo od un ricavo: il costo è tipicamente associato alle operazioni di finanziamento, mentre il ricavo alle operazioni di impiego finanziario.

2.2 Valutazione e scelta degli investimenti nel settore energetico

La scelta degli investimenti, in ogni settore economico ed in modo particolare in quello dell'energia, coinvolge molti aspetti, non tutti immediatamente prevedibili e quindi valutabili.

Si tratta in generale di decidere sull'esborso di una somma normalmente cospicua in un arco di tempo relativamente breve (costi di investimento) a fronte di un previsto ricavo (o un minore costo di gestione, nel caso ad esempio di un intervento di efficienza energetica) differito nel tempo (almeno per tutto quello richiesto per la costruzione dell'impianto, più eventualmente il tempo necessario al completamento dell'*iter* autorizzativo per l'entrata in funzione dello stesso) e "spalmato" su un intervallo temporale relativamente lungo.

Per poter valutare la convenienza di più alternative di investimento nel medesimo settore e con il medesimo scopo (come la produzione di energia elettrica), occorre fare l'ipotesi che non solo i costi di investimento (che sono sostenuti in periodo relativamente breve) ma anche i costi di gestione, i vincoli normativi, la domanda ed il prezzo di vendita del bene prodotto (l'energia elettrica), l'ammontare di possibili incentivi o penalizzazioni, siano tutti noti per l'intera durata dell'esercizio dell'impianto e rappresentabili in termini monetari.

Il decisore baserà pertanto la sua scelta sulla rappresentazione nel tempo del flusso di esborsi e ricavi ("ricavi"="minori esborsi" nel caso di investimenti in efficienza energetica), detto flusso di cassa (*cash flow*), associato a ciascuna delle alternative considerate.

Le metodologie con cui effettuare la comparazione tra differenti flussi di cassa verranno discusse nei capitoli successivi.

3. INVESTIRE NELLE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI

3.1 Introduzione

Il settore delle energie rinnovabili, costituito da tecnologie per la generazione di energia elettrica non da fonte fossile e nucleare, quali eolico, fotovoltaico, bioenergie, geotermoelettrico, mini-idro è caratterizzato dal non aver ancora conseguito la cosiddetta *grid parity*¹. Il costo di generazione dell'energia prodotta è dunque ancora significativamente superiore rispetto alle energie convenzionali e pertanto necessita di un incentivo, determinato dal Regolatore.

Il settore in particolare coinvolge ed attrae l'attenzione essenzialmente di tre categorie di operatori:

- le società specializzate nello sviluppo e nell'esercizio di impianti di generazione da fonte rinnovabile, costituite sia da *start up* che dall'emanazione di grandi operatori energetici delle fonti convenzionali;
- gli investitori finanziari, quali prevalentemente i fondi infrastrutturali, che vedono nel settore le caratteristiche tipiche di tale tipologia di investimenti;
- gli operatori industriali di settori non *energy*, che identificano nelle fonti rinnovabili una potenziale opportunità di diversificazione dei propri investimenti.

Si tratta di un settore regolato con ricavi certi a fronte di investimenti iniziali significativi, ma che nella realtà presenta due ordini di criticità. In primo luogo, sono presenti notevoli difficoltà industriali di realizzazione dei progetti a causa degli *iter* autorizzativi complessi e della difficoltà di finanziare con gli istituti bancari tali opere. A questo, vanno aggiunte le significative discontinuità normative che si sono verificate e sono tuttora in corso. Discontinuità che ha generato notevole incertezza nella programmazione degli investimenti da parte degli operatori.

A fronte di uno scenario estremamente fluido e della complessità del settore, esiste un oggettivo bisogno di conoscenza per capire intanto come si articola oggi il comparto delle rinnovabili in Italia. Questa fotografia rappresenta una prima base di riferimento necessaria per poter poi ragionare sulle sue prospettive di evoluzione futura.

Si ritiene che in una fase come quella attuale, dove non solo l'Italia, ma i Governi di tutte le principali economie occidentali si vedono costretti a perseguire strategie aggressive di risanamento e di tagli alla spesa pubblica, l'interrogativo se continuare a finanziare o meno lo sviluppo delle tecnologie *green* rappresenti un tema di stringente attualità.

Probabilmente, con la fase di *austerity* che si sta attraversando, serviranno strategie creative per il sostegno allo sviluppo del settore. Di certo le energie rinnovabili possono rappresentare un motore pulito per rilanciare l'innovazione. Non a caso, tale settore anche in Italia ha generato nuove filiere, con *start up* da imprese industriali, *partnership* tra operatori industriali e finanziari, oppure con *spin-off* derivanti da soggetti che operano nel settore delle energie tradizionali.

Per un Paese come il nostro, privo di fonti combustibili fossili e che ha deciso di abbandonare il nucleare, lo sviluppo delle rinnovabili, e il processo di riconversione produttiva che ne consegue, può rappresentare una grande opportunità ed un possibile *driver* per rilanciare la crescita all'insegna di un modello di sviluppo più sostenibile.

Per completezza e disponibilità dei dati, l'elaborato fa riferimento all'anno 2011 considerando dati accessibili fino all'anno 2010.²

¹ La *grid parity* è il punto in cui l'energia elettrica prodotta con metodi alternativi (energie rinnovabili) ha lo stesso prezzo dell'energia elettrica prodotta da fonti tradizionali.

² Fonte: "Investire nelle rinnovabili, trend, opportunità, prospettive"; www.kpmg.com.

3.2 Il mercato dell'energia in Italia e il peso delle fonti rinnovabili

3.2.1 Il bilancio energetico nazionale

Il nostro Paese, come è noto, si caratterizza per un'elevata dipendenza energetica dall'estero. Le importazioni coprono, infatti, il 97% del fabbisogno interno lordo di energia.

Tabella 3.2.1.1 - Il bilancio energetico nazionale per tipologia di fonte: consumo interno lordo di energia, Mtep e incidenza %.

Bilancio energetico nazionale	2000 Mtep	2000 incidenza %	...	2005 Mtep	...	2009 Mtep	2009 incidenza %
Petrolio	92,0	50%		85,3		73,2	41%
Gas naturale	58,3	31%		71,2		63,9	35%
Combustibili solidi	12,9	7%		17,0		13,1	7%
Energia elettrica importata	9,8	5%		10,8		9,9	6%
Rinnovabili *	12,9	7%		13,5		20,2	11%
Consumo interno lordo di energia	185,9	100%		197,8		180,3	100%

Mtep: milioni di tonnellate equivalenti di petrolio

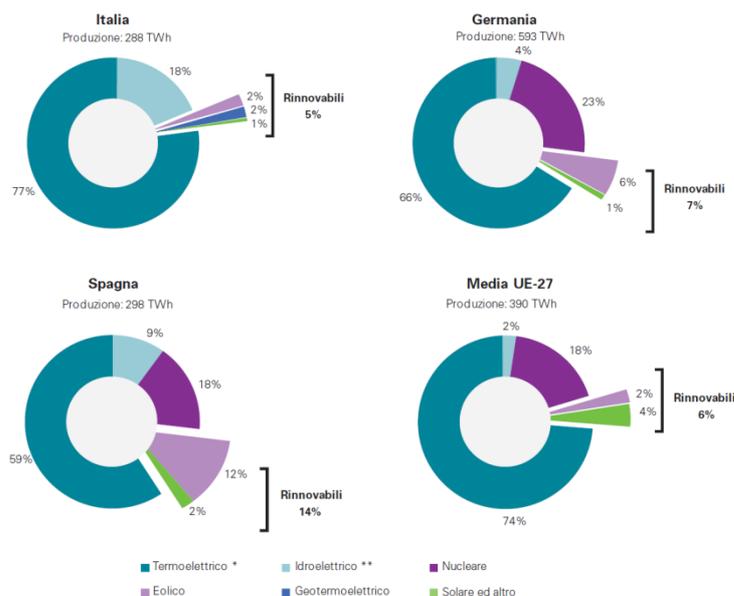
* sono inclusi anche gli impianti idroelettrici di potenza superiore a 1 MW, non considerati rinnovabili

Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su dati Ministero dello Sviluppo Economico

Nel decennio che va dal 2000 al 2010, l'Italia ha cercato di diversificare le fonti di energia utilizzate, nel tentativo di riequilibrare lo sbilanciamento energetico verso l'estero e mitigare il rischio di approvvigionamento che deriva da tale dipendenza.

Le fonti energetiche rinnovabili rappresentano lo strumento più innovativo per raggiungere una maggiore autonomia energetica, nonostante contribuiscano ancora in maniera estremamente limitata alla soddisfazione della domanda energetica nazionale (incluso anche gli impianti idroelettrici di potenza superiore a 1 MW, si raggiunge un'incidenza dell'11% sul consumo interno lordo di energia), rispetto alle fonti tradizionali.

Limitando l'analisi alla sola produzione interna di energia elettrica, l'Italia evidenzia, rispetto ai principali paesi europei, l'elevata dipendenza dalla generazione termoelettrica (77% sulla produzione nazionale totale), l'alta incidenza del comparto idroelettrico (prevalentemente idroelettrico con potenza superiore a 1 MW) e l'assenza del nucleare.



Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su dati Enerdata

Figura 3.2.1.1 - Energia elettrica per fonte: peso % sulla produzione interna totale (2009).

Allo stato attuale, le fonti rinnovabili rappresentano la soluzione meno problematica per riequilibrare il bilancio energetico del nostro Paese.

L'elevato consenso sociale espresso nei loro confronti contribuisce a tale convinzione. Inoltre, la presenza degli incentivi sostiene la profittabilità di questo settore. Attualmente, le fonti energetiche rinnovabili sono, infatti, economicamente convenienti, ma non sostenibili, se remunerate solo con i prezzi di mercato dell'energia elettrica, rispetto a quelle tradizionali convenzionali (termoelettrico).

La *grid parity*, non è ancora stata raggiunta e pertanto gli incentivi sono necessari per consentire la diffusione e la redditività delle fonti rinnovabili.

3.2.2 Il parco di generazione elettrica italiano

Nel 2010, il parco di generazione elettrica italiano era costituito da oltre 160.000 impianti, con una potenza efficiente (corrispondente alla massima potenza possibile di un impianto, misurata in condizioni ottimali) pari a circa 106 GW e una produzione elettrica di oltre 299 TWh (dati 2010).

Nel 2011 (dati di preconsuntivo) il numero dei soli impianti di produzione da fonte fotovoltaica installati ammontavano a 325.081, per una potenza pari a 12.685 MW, producendo circa 10,9 TWh di energia elettrica³.

Attualmente, il numero degli impianti fotovoltaici supera quota 400.000, per una potenza installata pari a circa 16.800 MW ed una produzione di energia elettrica pari a circa 18,5 TWh⁴. Quindi, attualmente, il parco di generazione elettrica italiano è costituito sicuramente da oltre 400.000 impianti, essendo questa quota raggiunta dai soli impianti fotovoltaici.

Tabella 3.2.2.1 - Il parco di generazione elettrica italiano.

	Termoelettrico		Rinnovabili *		Idroelettrico > 1 MW		Totale	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010
N° impianti	720	871	1.624	158.893	898	1.002	3.242	160.766
Potenza efficiente (GW)	63	76	4	13	17	17	84	106
Produzione (TWh)	248	222	14	28	35	49	297	299
Produzione (incidenza %)	83%	74%	5%	9%	12%	17%	100%	100%

* Le rinnovabili includono l'idroelettrico solo di taglia pari o inferiore a 1 MW

Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su dati Terna

Nel 2010, la produzione elettrica nazionale proviene per il 74% da impianti termoelettrici tradizionali, per oltre il 17% da impianti idroelettrici di grandi dimensioni (superiori a 1 MW) e per il restante 9% da impianti a fonti rinnovabili.

In particolare, il parco di generazione elettrica è formato da 871 centrali termoelettriche tradizionali, che utilizzano combustibili fossili, quali il gas naturale ed il carbone, da più di 1.000 impianti idroelettrici di grandi dimensioni (superiori a 1 MW) e da quasi 159.000 impianti che producono elettricità attraverso fonti energetiche rinnovabili; è da sottolineare che circa il 98% degli impianti rinnovabili è costituito da tecnologia fotovoltaica.

3.2.3 Le fonti rinnovabili

Sono da considerarsi rinnovabili quelle forme di energia generate da fonti che per loro caratteristica intrinseca hanno una capacità di rigenerazione superiore al consumo o non sono esauribili.

Nel documento utilizzato come fonte, sono considerati come impianti rinnovabili quelli mini-idro (potenza pari o inferiore a 1 MW), eolici, fotovoltaici, geotermici e da bioenergia (biomasse e biogas) finalizzati alla produzione di energia elettrica.

³ Rapporto sul monitoraggio dello sviluppo degli impianti di generazione distribuita per l'anno 2010, Autorità per l'energia, 2012.

⁴ La crescita esponenziale della generazione diffusa sta profondamente cambiando il sistema elettrico nazionale, Autorità per l'energia, Milano, 27 marzo 2012.

Dal 2005 al 2010, il parco di generazione elettrica italiano ha sperimentato una sostanziale stabilità nella produzione elettrica anche a causa della fase recessiva avviatasi nel 2008. In particolare, la generazione da impianti rinnovabili ha registrato una crescita tra il 2005 e il 2010 (CAGR⁵ 2005-2010: +15,1%), mentre quella da fonti tradizionali convenzionali ha sperimentato un calo complessivo (CAGR 2005-2010: -2,2%) arrestatosi solo nel 2009.

L'attuale crisi economica, a cui ha fatto seguito un calo dei consumi elettrici, è stata sopportata, in termini di mancata produzione, interamente dagli impianti termoelettrici tradizionali, dal momento che le fonti rinnovabili beneficiano, da parte del Gestore della Rete, della cosiddetta “priorità di dispacciamento” (ossia la garanzia di ritiro prioritario) dell'energia così prodotta rispetto a quella generata dagli impianti convenzionali.

I notevoli tassi di crescita sperimentati dal settore delle rinnovabili, relativamente a potenza installata e produzione di energia, evidenziano un comparto in forte espansione grazie anche alla favorevole struttura degli incentivi presente nel nostro Paese.

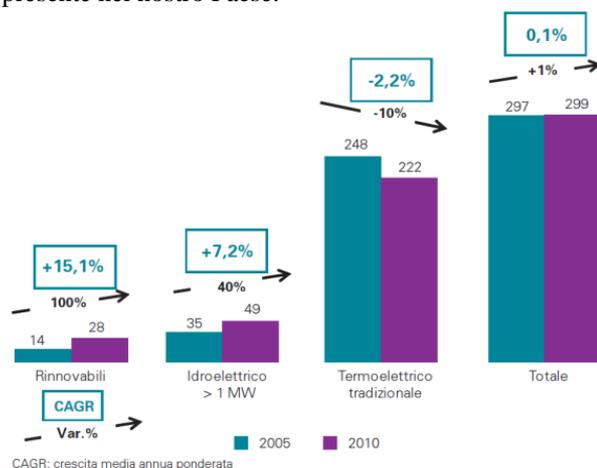


Figura 3.2.3.1 - Evoluzione dell'energia prodotta: TWh, variazione % e CAGR.

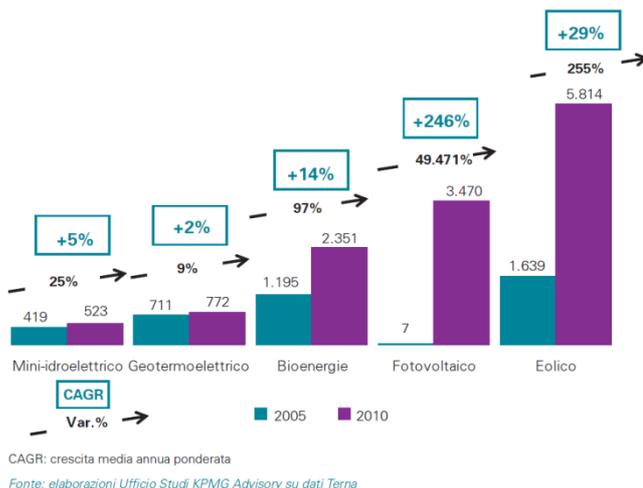


Figura 3.2.3.2 - Evoluzione della potenza efficiente per tipologia di fonte rinnovabile: MW, variazione % e CAGR.

⁵ *Compound Annual Growth Rate*, o tasso annuo di crescita composto; è un indice che rappresenta il tasso di crescita di un certo valore in un dato arco di tempo. Il CAGR non è il rendimento effettivo nella realtà. Si tratta di un numero immaginario che descrive la velocità con cui un investimento sarebbe maturato se fosse cresciuto con ad tasso costante. Il CAGR, essendo sensibile al periodo considerato, si presta a manipolazioni; conviene quindi considerarlo con attenzione, per esempio non coglie l'eventuale volatilità dell'attività considerata (Figura 3.2.3.1).

Analizzando l'evoluzione della potenza efficiente per le singole tipologie di fonti rinnovabili, è possibile notare come i tassi di crescita più elevati siano stati registrati, nell'ordine, dal fotovoltaico, dall'eolico e dalle bioenergie (Figura 3.2.3.2).

Il *trend* di sviluppo delle fonti rinnovabili dipende essenzialmente da due fattori:

- la remunerazione dell'incentivo, rispetto ai costi della tecnologia rinnovabile;
- la necessità di disporre di siti idonei, che restringe l'applicabilità di eolico e mini-idro, a fronte dell'assenza di vincoli per il fotovoltaico.

Nella fattispecie:

- gli incentivi legati al fotovoltaico e contenuti nel meccanismo del Conto Energia hanno costituito un rilevante fattore di accelerazione dello sviluppo del parco installato;
- mini-idro e geotermoelettrico hanno evidenziato tassi di sviluppo della potenza efficiente installata molto esigui, in funzione della saturazione dei siti idonei disponibili nel nostro Paese.

Tabella 3.2.3.1 - Il parco di generazione elettrica nazionale per tipologia di fonte rinnovabile.

Potenza efficiente lorda	2010		Produzione lorda	2010	
	GW	%		TWh	%
Eolico	5,8	45%	Bioenergie	9,4	34%
Fotovoltaico	3,5	27%	Eolico	9,1	32%
Bioenergie	2,3	18%	Geotermoelettrico	5,4	19%
Geotermoelettrico	0,8	6%	Mini-idro	2,3	8%
Mini-idro	0,5	4%	Fotovoltaico	1,9	7%
Totale rinnovabili	12,9	100%	Totale rinnovabili	28,1	100%

Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su dati Terna

Come si evince dalla Tabella 3.2.3.1, le bioenergie continuano a generare la quota più rilevante di energia prodotta tramite fonti rinnovabili (34% nel 2010), nonostante rappresentino il 18% della potenza installata del parco rinnovabili.

Tale fenomeno è dovuto al *load factor*, ovvero è legato alle ore di funzionamento per le quali una specifica tecnologia, è in grado di generare energia:

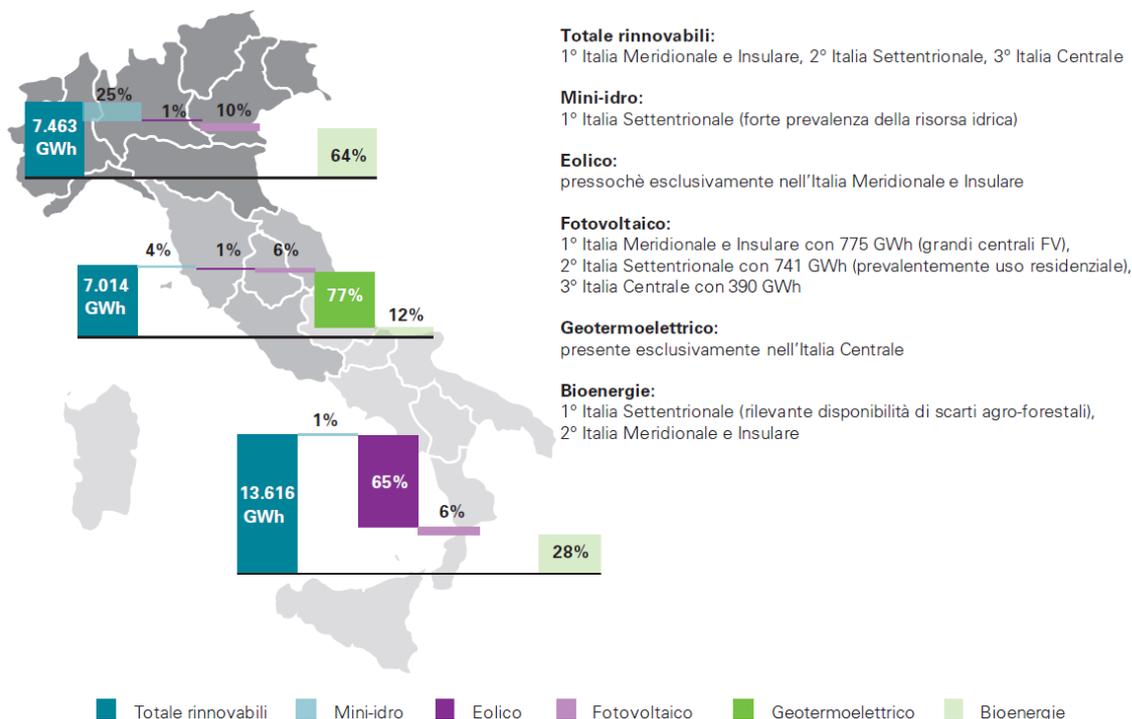
- geotermoelettrico: circa 5.500 – 7.000 ore/anno;
- bioenergie: circa 5.000 – 6.000 ore/anno;
- eolico: circa 1.800 - 2.200 ore/anno;
- mini-idro: circa 1.500 – 2.000 ore/anno;
- fotovoltaico: circa 1.100 – 1.400 ore/anno;

a fronte di un impianto termoelettrico, che può funzionare:

- tecnologia *'peak-load'*, es. turbogas a ciclo aperto: 1.500 - 2.500 ore/anno;
- tecnologia *'mid-merit'*, es. impianto a gas a ciclo combinato (CCGT): 3.000 -5.000 ore/anno;
- tecnologia *'base-load'*, es. carbone, nucleare: 6.000 - 7.500 ore/anno.

Come si può constatare dalla Figura 3.2.3.3, la distribuzione geografica del parco di generazione elettrica da fonti rinnovabili non è omogenea sul territorio nazionale. Nonostante impianti a fonti rinnovabili si trovino ormai in tutte le Regioni italiane, la diversa distribuzione di risorse naturali e la conformazione del territorio fanno sì che alcune fonti rinnovabili si concentrino in alcune Regioni.

Sullo sviluppo geografico disomogeneo delle fonti rinnovabili possono influire anche differenti *iter* autorizzativi ed incertezze legati ai tempi e alle modalità di connessione alla rete.



Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su dati Terna

Figura 3.2.3.3 - Distribuzione macro-regionale della produzione elettrica lorda per tipologia di fonte rinnovabile: contributo % di ogni macro-Regione in GWh (2010).

Tabella 3.2.3.2 - La produzione lorda di energia elettrica per Regione e per fonte rinnovabile in GWh: ordinamento per Regione in base alla produzione lorda totale (2010).

Regione	Mini-idro	Eolico	Fotovoltaico	Geotermoelettrico	Bioenergie	Produzione da rinnovabili totale	Quota su totale rinnovabili Italia %
Toscana	83	76	80	5.376	378	5.993	21,3%
Puglia	2	2.103	412		1.298	3.816	13,6%
Sicilia	0,2	2.203	97		150	2.451	8,7%
Lombardia	313		190		1.903	2.405	8,6%
Campania	17	1.333	46		827	2.223	7,9%
Emilia Romagna	65	25	153		1.580	1.823	6,5%
Sardegna		1.036	74		570	1.680	6,0%
Calabria	14	953	46		583	1.597	5,7%
Piemonte	517	22	121		450	1.110	3,9%
Veneto	248	2	129		367	746	2,7%
Molise	29	532	13		138	712	2,5%
Trentino Alto Adige	452	2	92		138	684	2,4%
Basilicata	14	458	46		162	680	2,4%
Lazio	34	15	152		318	520	1,8%
Abruzzo	48	329	40		40	457	1,6%
Friuli Venezia Giulia	161		44		241	446	1,6%
Marche	132		104		85	321	1,1%
Liguria	45	35	11		114	204	0,7%
Umbria	32	2	54		92	180	0,6%
Valle d'Aosta	39		2		6	47	0,2%
Italia	2.245	9.126	1.906	5.376	9.440	28.093	100,0%

Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su dati Terna

La prima Regione italiana in termini di produzione elettrica da rinnovabili, è la Toscana, trainata dall'elevato *load factor* del geotermoelettrico. Seguono la Puglia e la Sicilia, con un'elevata produzione dall'eolico, e la Lombardia con una forte incidenza delle bioenergie.

3.3 La politica energetica nazionale e il quadro normativo di riferimento

3.3.1 Le politiche per l'energia e l'ambiente

Il dibattito mondiale sviluppatosi dal Protocollo di Kyoto in poi intorno a materie quali il clima e l'ambiente, la stabilità degli approvvigionamenti e la sicurezza energetica, ha avuto ripercussioni nell'ambito dell'Unione Europea, favorendo la definizione di una politica integrata per l'energia e l'ambiente.

Nel 2009 la Commissione Europea ha approvato il cosiddetto "Pacchetto Clima-Energia 20/20/20" (o *Green Package*), contenente le misure di politica energetica ed ambientale finalizzate a raggiungere contestualmente, nel 2020, la riduzione delle emissioni di gas climalteranti, la promozione dell'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Rispetto a quest'ultimo tema, la Direttiva 2009/28/CE, nel porre l'obiettivo del 20% di fonti rinnovabili sui consumi energetici⁶ entro il 2020, ha ripartito l'onere tra gli Stati membri, attribuendo precisi obiettivi nazionali vincolanti.

All'Italia è stato assegnato l'obiettivo del raggiungimento nel 2020 di una quota di energia da fonti rinnovabili del 17%. La Direttiva ha inoltre previsto che, sempre al 2020, in ciascuno Stato sia assicurata una quota di copertura dei consumi nel settore trasporti mediante energie da fonti rinnovabili pari al 10%.

L'Italia ha recepito mediante il Decreto Legislativo 28 del 3 marzo 2011 la Direttiva 2009/28/CE riguardante la promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili; il Decreto, oltre ad accogliere in via definitiva gli obiettivi nazionali previsti per il 2020 (17% del consumo finale lordo di energia e 10% dei consumi nel settore trasporti mediante impiego di fonti rinnovabili) e a far propri alcuni degli indirizzi e delle azioni previste nel Piano di Azione Nazionale (PAN), ha inoltre stabilito:

- una revisione dei meccanismi incentivanti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (ulteriormente modificati col DM-Rinnovabili Elettriche del 6 luglio 2012) ed un loro allineamento allo scopo di promuovere un'uniformità di applicazione tra le diverse fonti;
- le linee guida per la semplificazione delle autorizzazioni per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili, che dovranno poi trovare applicazione in altrettanti provvedimenti legislativi (es. Decreto Interministeriale del 5 maggio 2011).

3.3.2 Il Piano di Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili (PAN FER)

Il documento, oltre ad individuare azioni ed obiettivi quantitativi nelle diverse aree di intervento (energia elettrica, riscaldamento/raffrescamento e trasporti) specifici per ciascuna tecnologia ed applicazione, prevede la condivisione dei target nazionali con le Regioni attraverso la definizione di una ripartizione degli oneri territoriale che favorisca l'armonizzazione dei vari livelli di programmazione pubblica, delle legislazioni di settore e delle attività di autorizzazione degli impianti e delle infrastrutture.

Le Regioni, che a seguito del riassetto di competenze sono diventate tra le principali responsabili delle politiche energetiche nel nostro Paese, hanno sviluppato, attraverso i Piani Energetici Regionali (PER), una programmazione degli interventi in campo energetico rivolti, allo sviluppo e all'incentivazione delle fonti rinnovabili nei rispettivi territori.

⁶ definiti come "...i prodotti energetici forniti a scopi energetici all'industria, ai trasporti, al terziario, al residenziale in termini di consumo di elettricità e di calore, incluse le perdite di elettricità e di calore con la distribuzione e la trasmissione di energia..".

Tabella 3.3.2.1 - Piani Energetici Regionali e Provinciali.

2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
V.d'Aosta Liguria	Piemonte Umbria	Marche Calabria Veneto	Molise Sardegna*	Friuli V.G. E.Romagna Puglia	Toscana Lazio* Lombardia*	Sicilia Abruzzo Campania	P.A.Trento* Basilicata*

* ultimi aggiornamenti approvati dei Piani

Fonte: elaborazioni Ufficio Studi KPMG Advisory su informazioni regionali

Dal 2000 e il 2010 il PER è stato approvato in tutte le Regioni italiane. La Provincia autonoma di Bolzano ha adottato un Piano Energetico Provinciale già nel 1997.

Nonostante la mancanza di un modello comune di riferimento e di un coordinamento da parte dello Stato nella loro redazione, i PER forniscono una significativa valutazione del potenziale sfruttabile per la produzione di energia da fonti rinnovabili nei rispettivi territori e del relativo impatto ambientale ed economico, e rappresentano uno strumento per la costruzione di uno scenario coerente con la Strategia Energetica Nazionale e con la ripartizione prevista dal PAN FER.

3.3.3 Gli incentivi

In questi anni, i sistemi di incentivazione previsti nel nostro Paese si sono rivelati uno strumento essenziale per sostenere lo sviluppo delle rinnovabili.

Nonostante le continue modifiche del quadro normativo, gli incentivi hanno mantenuto una sufficiente prevedibilità sul ritorno dell'investimento agevolando dunque il finanziamento delle opere.

In questa prospettiva, occorre sottolineare come gli incentivi rappresentino contemporaneamente un elemento di continuità importante per il raggiungimento degli obiettivi comunitari in materia di energie rinnovabili ed un fattore di promozione rilevante sul piano produttivo ed occupazionale.

In merito alla sostenibilità economica delle fonti rinnovabili, ci si interroga su quale sia il livello adeguato degli incentivi, intermini di:

- andamento dei costi delle tecnologie e tempistiche di conseguimento della *grid parity*;
- sostenibilità della spesa per il Sistema Paese.

Tali questioni sono da tempo al centro di un vivace dibattito sia a livello politico che economico: il tema centrale è la ricerca di un equilibrio tra la sostenibilità di sistema e la convenienza degli operatori a continuare ad investire.

Le posizioni emerse sulle revisioni degli incentivi (sia al fotovoltaico che agli altri meccanismi) e i primi interventi attuati in tal senso in questi ultimi tempi aprono la strada a diverse possibili evoluzioni nel settore delle fonti rinnovabili nel nostro Paese.

In ogni caso, al di là dell'evoluzione del sistema degli incentivi, per gli operatori diventa cruciale anche il tema della dimensione d'impresa e dell'accesso ad economie di scala significative. La crescita dimensionale, infatti, consente una riduzione strutturale del proprio costo di capitale investito e di gestione degli impianti, garantendo dunque la sostenibilità dei nuovi investimenti.

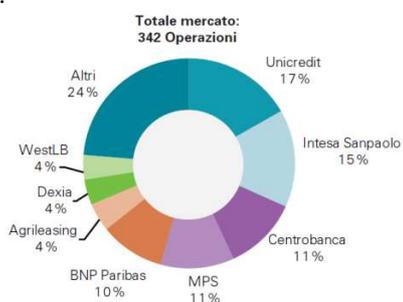
3.4 Il ruolo degli istituti finanziari

Vista l'entità degli investimenti da sostenere, le banche occupano una posizione estremamente importante ed essenziale negli investimenti in fonti energetiche rinnovabili.

In Italia il *project financing* ha raggiunto in termini cumulati sino al primo semestre 2010⁷ un valore complessivo di circa 158 miliardi di Euro realizzati con 611 *financial close* (finanziamenti effettuati). Rispetto al mercato complessivo, il numero cumulato dei *financial close* inerenti opere private e pubbliche per il settore delle energie rinnovabili, sino al primo semestre del 2010, è stato pari a 342 operazioni, per un valore pari a circa 50 miliardi di Euro.

Sia in termini di numerosità delle operazioni (circa il 56% del totale) che come valore finanziato (circa il 32% del totale), il settore delle energie rinnovabili si attesta come settore primario nell'effettuazione di operazioni di *project financing* (solo il settore delle telecomunicazioni supera le energie rinnovabili per quanto riguarda il valore dei finanziamenti).

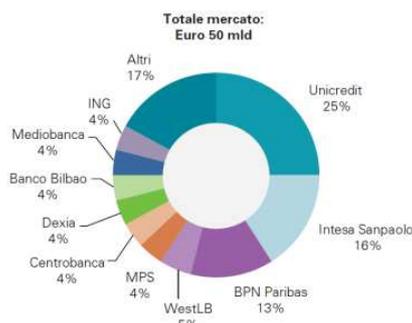
Per quanto riguarda il ruolo degli istituti finanziari, si registra come Unicredit e Intesa Sanpaolo siano i principali operatori del settore a livello nazionale. Essi, infatti, rappresentano, ad oggi, circa il 32% del totale dei progetti seguiti.



Fonte: elaborazioni KPMG Corporate Finance su dati Finlombarda

Figura 3.4.1 - Il mercato del *project financing* nel settore energetico: peso % dei principali istituti di credito sul numero cumulato dei *financial close*.

Per quanto riguarda gli importi finanziati per la realizzazione dei progetti come sopra indicato, Unicredit da sola rappresenta il 25% dei finanziamenti concessi, seguita da Intesa Sanpaolo al 16% e BNP Paribas al 13% (i tre istituti rappresentano più del 50% dei finanziamenti concessi). Per quanto riguarda gli altri istituti, essi rappresentano percentuali minori seppur significative, come di seguito riportato.



Fonte: elaborazioni KPMG Corporate Finance su dati Finlombarda

Figura 3.4.2 - Il mercato del *project financing* nel settore energetico: peso % dei principali istituti di credito sul valore cumulato.

⁷Fonte: "Guida agli Operatori del Project Finance 2010", Finlombarda. Gli importi finanziati ed il numero di operazioni seguite dagli istituti di credito, sono relativi all'attività svolta dall'inizio dell'operatività degli operatori sino a tutto il primo semestre 2010. Rispetto ai dati di sintesi dei progetti realizzati o in corso di realizzazione da parte degli istituti di credito, bisogna segnalare come uno stesso progetto possa essere stato seguito da più istituti contemporaneamente, a seconda del ruolo rivestito all'interno dell'operazione.

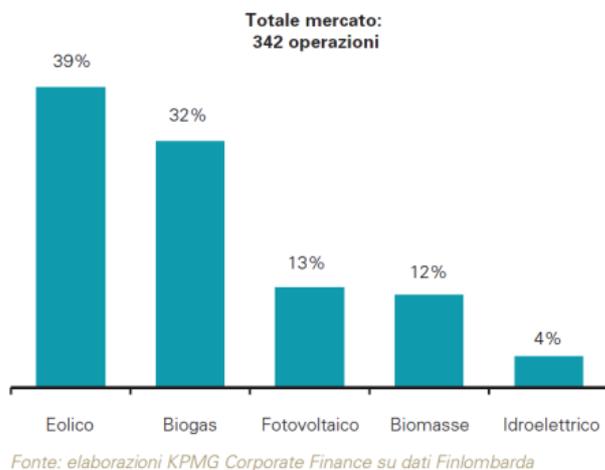


Figura 3.4.3. Il mercato del *project financing* nel settore delle energie rinnovabili: la ripartizione settoriale degli investimenti.

Si può notare come l'eolico e il biogas, se considerati insieme, rappresentino ben più del 50% del totale dei progetti finanziati. Il fotovoltaico, seppur stia mostrando segnali di ripresa, ha subito un periodo di forte contrazione degli investimenti nell'anno 2011 data dalla momentanea mancanza di chiarezza in merito agli incentivi.

Il grafico in Figura 3.4.4 riporta, in dati percentuali, la collocazione geografica dei progetti finanziati (sono riportate le principali Regioni per numerosità di operazioni).

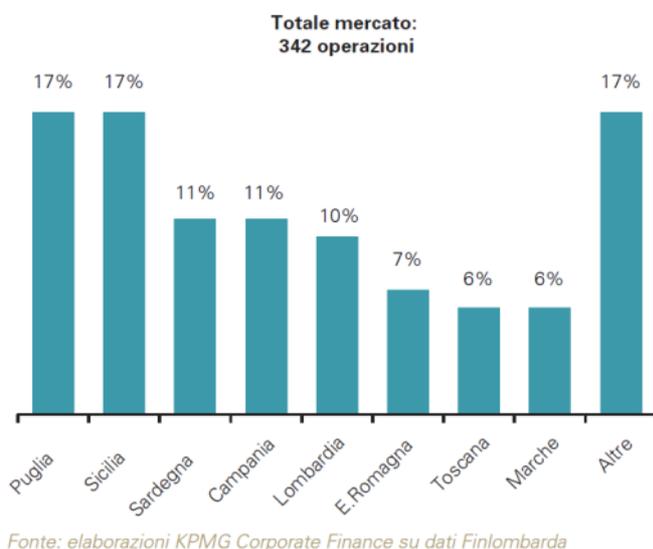


Figura 3.4.4. Il mercato del *project financing* nel settore delle energie rinnovabili: la ripartizione geografica degli investimenti

Sicuramente il Sud rappresenta l'area geografica del Paese con più operazioni di *project financing*, dato soprattutto dovuto alle caratteristiche territoriali che meglio offrono la disponibilità di risorse per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

3.5 Considerazioni conclusive

L'attuale contesto, determinato dalla crisi economico-finanziaria, sta portando l'Italia verso un'inevitabile contrazione del mercato dei nuovi impianti ad energie rinnovabili.

In tale scenario, può risultare vincente un approccio orientato all'internazionalizzazione delle attività, basato sull'esportazione delle esperienze acquisite verso mercati non ancora maturi, ma con grande potenziale di crescita.

La sfida non è semplice. L'organizzazione da strutturare per svolgere le stesse attività in un altro Paese, le differenze socio-culturali, le diverse modalità di fare *business*, il diverso corpus legislativo che regola l'imprenditoria e la differente gestione delle pratiche amministrative rappresentano ostacoli spesso insormontabili.

Certamente, un grande aiuto può provenire, ad esempio, dal supporto esterno di professionisti che conoscano il nuovo contesto operativo locale e che assistano l'azienda nello sviluppo del corretto piano operativo attraverso il quale ricavare la propria nicchia nel nuovo mercato.

La naturale alternativa al mercato nazionale, alla quale le aziende italiane possono rivolgersi per trovare nuove opportunità, è costituita dai Paesi attualmente in fase di grande espansione economica.

In particolare quelle realtà che stanno attivando programmi di sviluppo delle energie rinnovabili (si pensi ai cosiddetti BRICS, Brasile, Russia, India, Cina e Sudafrica). L'opportunità è resa più concreta dalla carenza di esperienza di settore che, in tali contesti, viene spesso lamentata dagli istituti finanziatori locali e dagli investitori, sia a livello qualitativo (disponibilità di competenze adatte) sia a livello quantitativo (disponibilità di un numero adeguato di professionisti/consulenti in relazione alla dimensione del mercato potenziale).

4. CONCETTI ECONOMICI INTRODUTTIVI

4.1 Il concetto di “attualizzazione” e valore attuale (VA)

Il termine “attualizzazione” esprime il concetto che sta alla base di ogni valutazione economica di investimento. Ogni volta che un investimento viene sottoposto a valutazione si deve utilizzare questo processo per poterlo paragonare alle alternative, ma anche per poterlo valutare asetticamente.

Con il termine “attualizzazione” si intende l’operazione che consente di riportare ad una certa data tutte le entrate e le uscite di un dato investimento collocate in istanti temporali differenti, così da tenere conto del diverso valore che il denaro assume nel tempo.

Dal concetto di attualizzazione discende immediatamente il primo principio base della finanza:

“un euro oggi vale più di un euro domani”.

Questo poiché l’euro oggi può essere investito ed iniziare a dare interessi immediatamente.

Attraverso l’attualizzazione dei flussi di cassa⁸ si rendono attuali tutti i valori, cioè riferiti alla data odierna (o eventualmente, ad un'altra data).

Come si vedrà, le ragioni principali per cui un flusso di cassa o una serie di flussi di cassa futuri vengono attualizzati sono legate essenzialmente al costo opportunità del capitale⁹.

Il processo opposto, cioè la valutazione ad un tempo futuro t_1 di un capitale allo stato attuale t_0 , è detto “capitalizzazione”.

Nei paragrafi successivi verranno illustrati esempi che contribuiranno a chiarire l'importanza dell'attualizzazione.

4.2 Calcolo del valore attuale e del valore attuale netto

Secondo il primo principio base della finanza, il valore attuale di € 400.000 a un anno da oggi deve essere minore di € 400.000.

In finanza, questo concetto viene espressa con la locuzione di valore temporale del denaro.

Il valore attuale di un ricavo futuro può essere trovato moltiplicando il ricavo per un fattore di attualizzazione minore di uno. Se il fattore di attualizzazione fosse maggiore di uno, un euro oggi varrebbe meno di un euro domani.

Se C_1 è il ricavo atteso nel periodo 1 (un anno da oggi), il valore attuale VA è:

$$VA = FA \times C_1$$

essendo FA il fattore di attualizzazione.

Il fattore di attualizzazione è espresso come il reciproco di 1 più il tasso di rendimento:

$$FA = 1/(1 + r)$$

Il tasso di rendimento r è il premio di rendimento che gli investitori domandano per accettare la posticipazione del ricavo.

Si consideri ora un investimento immobiliare, ipotizzando per il momento, che il ricavo di € 400.000 sia sicuro. Un palazzo di edifici però non è l’unico modo per ottenere € 400.000 tra un anno: sarebbe possibile investire in titoli di Stato con scadenza a un anno. Si supponga che questi titoli diano un interesse del 7%.

Per ottenere € 400.000 a fine anno dovrebbero essere investiti $400.000/1.07 = € 373.832$.

Quindi a un tasso di interesse del 7% il valore attuale di € 400.000 a un anno da oggi è € 373.832.

⁸ Il flusso di cassa (*cash flow*) è la ricostruzione dei flussi di una azienda/progetto nell'arco del periodo di analisi. Quando il flusso è positivo (incremento) si definisce *cash inflow*, quando è negativo (decremento) si definisce *cash outflow*.

⁹ Il costo opportunità (*opportunity cost*) è il costo derivante dal mancato sfruttamento di un’opportunità concessa ad un soggetto economico. Quantitativamente, il costo opportunità è il valore della migliore alternativa tralasciata a parità di capitale investito, ovvero il ricavo a cui un operatore economico deve rinunciare per intraprendere una determinata scelta economica.

Si ipotizzi ora che, non appena sia stato destinato il terreno e iniziata la costruzione dell'edificio, si decida di vendere il progetto. Qual è il prezzo a cui lo si può vendere? Dal momento che la proprietà rende sicuramente € 400.000, gli investitori sono disposti a pagare € 373.832, cioè quanto costerebbe all'acquirente un ricavo di € 400.000 tra un anno investendo oggi in titoli di Stato.

Naturalmente il prezzo potrebbe essere anche più basso, ma non avrebbe senso vendere ad un prezzo inferiore quando il mercato sarebbe disposto ad offrire di più.

Il valore di € 373.832 è il solo prezzo che soddisfa venditore e compratore. Per questo, in assenza di rischio, il valore attuale della proprietà è il suo prezzo di mercato.

Per calcolare il valore attuale, scontiamo le entrate future attese con il tasso di rendimento offerto da investimenti alternativi e confrontabili.

Questo tasso di rendimento è spesso chiamato *tasso di attualizzazione*, *rendimento richiesto*, oppure *costo opportunità* del capitale.

E' chiamato costo opportunità perché rappresenta la remunerazione a cui si rinuncia investendo nel progetto considerato piuttosto che in titoli. Nell'esempio considerato, il costo opportunità è il 7%.

$$VA = FA \times C_1 = \frac{1}{1+r} C_1 = \frac{400.000}{1.07} = € 373.832$$

Strettamente legato al concetto di attualizzazione, è anche il concetto di valore attuale netto di un investimento.

Il valore attuale netto si calcola sottraendo l'investimento iniziale al valore attuale:

$$VAN = VA - \text{investimento richiesto}$$

Nell'esempio considerato:

$$VAN = 373.832 - 350.000 = € 23.832$$

Se il VAN è maggiore di zero, allora il progetto ha un valore superiore rispetto al suo costo, ovvero aggiunge un contributo netto al valore.

La formula del VAN può essere così scritta:

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{1+r}$$

Essendo:

C_0 , il flusso di cassa al periodo zero (cioè oggi), e sarà solitamente un numero negativo;

C_1 , il flusso di cassa al termine del primo anno.

In altre parole, C_0 è un investimento, cioè un flusso di cassa in uscita; mentre C_1 è un flusso di cassa in entrata.

Tutto questo è valido in assenza di rischio.

4.3 Rischio e valore attuale

Nell'esempio visto è stata fatta un'ipotesi irrealistica: l'agente immobiliare non può essere certo del valore futuro dell'edificio. La cifra supposta di €400.000 rappresenta la migliore previsione ma non è una certezza.

Di conseguenza, la conclusione su quanto gli investitori sarebbero disposti a pagare per l'immobile non è corretta.

Dal momento che è possibile ricevere € 400.000 con certezza acquistando titoli di Stato¹⁰ per €373.832, nessun investitore acquisterà l'edificio per lo stesso ammontare. Per attrarre gli investitori è necessario ridurre il prezzo richiesto.

Questo ragionamento porta a comprendere il secondo principio base della finanza:

“un euro sicuro vale più di un euro rischioso”.

La maggior parte degli investitori evita il rischio, quando gli è possibile, senza sacrificare il rendimento. In ogni caso i concetti di valore attuale e di costo opportunità del capitale hanno ancora senso per investimenti rischiosi.

Ovvero, è ancora corretto attualizzare le entrate con il tasso di rendimento offerto da altri investimenti, purché comparabili, cioè ugualmente rischiosi.

E' ora però necessario ragionare in termini di entrate attese e di tassi di rendimento attesi da investimenti alternativi: non tutti gli investimenti sono ugualmente rischiosi.

Il progetto considerato è sicuramente più rischioso dei titoli di Stato, ma meno rischioso di iniziative più azzardate come perforare il giardino alla ricerca del petrolio.

Si supponga che il progetto sia rischioso quanto un investimento nel mercato azionario, e si supponga inoltre che il rendimento atteso per quest'ultimo sia del 12%.

Allora il 12% diventa il costo opportunità appropriato del capitale.

Questo è ciò a cui l'investitore sta rinunciando non investendo in un titolo confrontabile.

$$VA = \frac{400.000}{1.12} = € 357.143$$

$$VAN = VA - 350.000 = € 7.143$$

Se gli altri investitori concordano con la previsione di un'entrata di € 400.000 e con la stima del 12% come costo opportunità del capitale, la proprietà dovrebbe valere €357.143 all'inizio dei lavori.

Non sarebbe possibile richiedere un prezzo più alto, poiché la proprietà offrirebbe un tasso di rendimento inferiore al 12%, che invece è offerto dal mercato dei titoli azionari.

Un manager finanziario deve occuparsi del tempo, dell'incertezza e dei loro effetti sul valore del progetto.

Nell'esempio che si sta considerando il ricavo di €400.000 varrebbe esattamente questo valore se fosse realizzato istantaneamente.

Se l'immobile fosse privo di rischio, come i titoli di Stato, il ritardo di un anno ridurrebbe il valore a € 373.832.

Se l'edificio fosse rischioso quanto l'investimento nel mercato azionario, l'incertezza ridurrebbe il valore di altri € 16.689, portandolo a € 357.143.

Sfortunatamente, adattare il valore delle attività al tempo e all'incertezza è nella realtà ben più complesso di quanto suggerito nell'esempio considerato.

¹⁰ Nella realtà nessun investimento è assolutamente privo di rischio, ma un titolo di Stato ha comunque un rischio estremamente basso e paragonabile allo zero, se il periodo storico considerato non è caratterizzato da condizioni economiche particolarmente gravose.

4.4 Tasso di interesse e valore nel tempo del denaro

L'interesse è una sorta di “canone di affitto” del denaro, cioè è il corrispettivo riconosciuto a chi eroga il prestito per il mancato utilizzo per altre finalità del denaro prestato, ma è anche la capacità di generare guadagno riconosciuta al denaro preso in prestito.

L'interesse è normalmente definito dal tasso r su un periodo di riferimento (tipicamente un anno).

Dal punto di vista di *chi eroga il prestito*, l'interesse ripaga la scelta di privarsi dell'uso di una somma di denaro per il soddisfacimento di proprie necessità o per un proprio investimento che avrebbe prodotto reddito, ecc. Il tasso di interesse richiesto tiene perciò conto:

- della remunerazione della rinuncia ad usi alternativi;
- del rischio (valutato in termini probabilistici) che il debitore non sia in grado di restituire la somma nei modi e nei tempi pattuiti;
- delle spese di gestione del prestito (amministrazione, indagini patrimoniali sul debitore, ecc.).

Dal punto di vista di *chi riceve il prestito*, il riconoscimento di un tasso di interesse da corrispondere al creditore è giustificato dall'uso a cui si intende destinare il denaro preso in prestito:

- se per la soddisfazione di un bisogno personale (per esempio, l'acquisto di un'abitazione), il tasso dovrà essere commisurato al valore assegnato all'immediato (anziché differito) godimento del bene;
- se per il finanziamento di una attività che produrrà un guadagno (per esempio, un'attività commerciale o, nello specifico, una centrale di produzione di energia elettrica), l'interesse dovrà essere inferiore al guadagno atteso.

Poiché il denaro può consentire in generale un guadagno ad un certo tasso di interesse (capacità di reddito), grazie al suo investimento per un certo numero di anni, una somma disponibile ad una data futura vale generalmente meno della stessa somma disponibile immediatamente, da cui discende il concetto di **valore nel tempo del denaro**.

Un capitale iniziale P (*Principal* in inglese), aumenterà il suo valore in un anno del tasso di interesse percentuale r .

Alla fine dell'anno sarà maturato un interesse $I = Pr$ da aggiungere al capitale P , in modo che la somma finale risulta pari a:

$$F = P(1 + r).$$

Se il periodo è pari ad n anni ed il tasso di interesse annuo rimane costante e pari ad r , alla fine dell' n -esimo anno la somma finale F (detta anche Montante) risulta:

$$F = P(1 + r)^n$$

4.5 Tasso di Inflazione e tassi di interesse nominale e reale

Oltre che alla capacità di reddito (*earning power*) il valore nel tempo del denaro è anche dovuto alla variazione nel tempo del suo potere d'acquisto (*purchasing power*), dovuta all'inflazione.

Il tasso di inflazione si riferisce normalmente al potere d'acquisto di una somma alla fine del periodo considerato: se, per esempio, i è il tasso di inflazione annua, il potere d'acquisto di una certa somma oggi è $(1 + i)$ volte quello della stessa somma nominale tra 1 anno, ovvero il potere di acquisto tra 1 anno è $\frac{1}{1+i}$ volte quello della stessa somma nominale oggi.

Di seguito si esemplifica quest'ultimo concetto:

Investire € 1.000 in un deposito bancario che offra un tasso di interesse annuo del 10% significa che la banca promette di pagare all'investitore €1.100 dopo un anno, ma non garantisce che cosa sarà possibile acquistare con €1.100 tra un anno: quale paniere di beni sarà possibile comperare con quei €1.100 dipende dal tasso di inflazione di quell'anno.

Se i prezzi di beni e servizi sono aumentati nel corso dell'anno per più del 10%, significa che l'investitore ha perso in termini di potere d'acquisto.

Per seguire il movimento generale dei prezzi vengono usati numerosi indici. In Italia il più conosciuto è l' "indice dei prezzi al consumo", che misura il costo di un paniere di beni acquistati da una famiglia "tipo". Le variazioni di tale indice da un anno all'altro misurano il tasso di inflazione annuo. La Figura 4.5.1 mostra il tasso di inflazione medio annuo dell'economia italiana dal 1955 al 2009. Si può notare come i periodi a più elevata inflazione (1973-1976 e 1980-1982) seguano i due shock petroliferi verificatisi negli ultimi 40 anni. Naturalmente i prezzi non crescono sempre: per esempio gli Stati Uniti hanno conosciuto una forte deflazione durante la Grande Depressione del 1929, quando i prezzi scesero del 24% in tre anni.

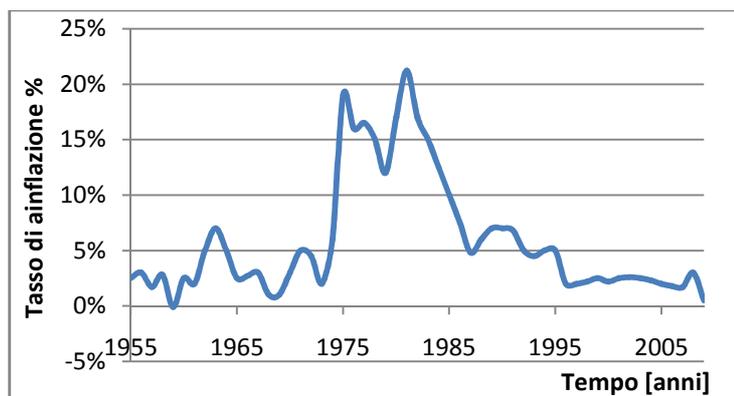


Figura 4.5.1 -Tasso di inflazione dell'economia italiana 1955 - 2009. Fonte: ISTAT.

Detto questo si può affrontare la differenza tra euro correnti, o *nominali*, ed euro costanti, o *reali*.

Nell'esempio precedentemente esposto il flusso di cassa nominale che deriva dal deposito bancario è € 1100.

Si ipotizzi ora che in un anno il prezzo dei beni sia aumentato del 6%: ogni euro potrà acquistare fra un anno una quantità di beni minore rispetto ad oggi.

Trascorso un anno dunque, con € 1.100 sarà possibile acquistare la stessa quantità di beni e servizi pari a quella acquistabile oggi con $1.100/1.06 = € 1.037,74$.

Il flusso di cassa nominale del deposito è € 1.100, quello reale è solo € 1.037,74.

Questo concetto, rappresentato molto chiaramente dall'esempio, può essere espresso in modo generale dalla seguente formula:

$$\text{flussi di cassa reali} = \text{flussi di cassa nominali} / (1 + \text{tasso di inflazione})^n$$

con la quale è possibile convertire i flussi di cassa nominali di un periodo futuro in flussi di cassa reali.

Si è ragionato in termini di flussi di cassa; consideriamo ora i tassi di rendimento:

si supponga di investire € 1.000 per 20 anni al tasso del 10% annuo; il flusso di cassa futuro sarà $1.000 \times 1.1^{20} = € 6.727,50$, ma con un tasso di inflazione del 6% annuo il flusso reale sarebbe $6.727,50/1.06 = € 2.097,67$.

Questo significa che l'investitore riceverà un ammontare di euro quasi sette volte maggiore rispetto alla somma investita, con il quale tra 20anni sarà però possibile acquistare soltanto il doppio dei beni.

Quindi si può affermare che:

“ Il deposito bancario offre un tasso di rendimento nominale del 10%”, oppure:

“Il deposito bancario offre un rendimento atteso reale del 3.774%”.

Le banche offrono un tasso di interesse nominale che non tiene conto di alcuna correzione derivante dagli effetti dell'inflazione; il tasso di interesse reale, invece è il saggio di interesse nominale, depurato dagli effetti dell'inflazione.

Mentre il tasso nominale è certo, quello reale è solo atteso. L'effettivo interesse reale può essere calcolato solo alla fine dell'anno, quando il tasso di inflazione diviene noto.

Generalmente, tenendo allora conto sia del tasso di interesse nominale $r_{nominale}$ che del tasso di inflazione i , il montante F dopo un anno è:

$$F = P \frac{1 + r_{nominale}}{1 + i}$$

Pertanto :

$$(1 + r_{nominale}) = (1 + r_{reale})(1 + i)$$

Ovvero il tasso di interesse reale è dato da:

$$r_{reale} = \frac{(1 + r_{nominale})}{(1 + i)} - 1$$

con la quale è possibile convertire i rendimenti nominali in rendimenti reali.

Questa distinzione è estremamente importante in quanto l'attualizzazione dei flussi di cassa deve rispettare il principio di coerenza tra i flussi stessi e tassi con si opera:

- i flussi di cassa nominali devono essere attualizzati al tasso nominale;
- i flussi di cassa reali devono essere attualizzati al tasso reale.

Entrambi gli approcci, se correttamente applicati, conducono allo stesso risultato.

Si riporta di seguito un semplice esempio che dimostra l'equivalenza dei due metodi:

Flussi di cassa reali, euro			
C_0	C_1	C_2	C_3
-100	+35	+50	+30

$$r_{nominale} = 15\% \quad i = 10\%$$

Si convertono i flussi di cassa reali in flussi di cassa nominali e si attualizza al tasso nominale:

$$es. C_{1nominale} = C_1(1 + 0.1) = 38.5$$

$$VAN = -100 + \frac{38.5}{1.15} + \frac{60.5}{1.15^2} + \frac{39.9}{1.15^3} = 5.5, \text{ ovvero } € 5.500$$

Equivalentemente, si calcola il tasso di attualizzazione reale e si attualizzano i flussi di cassa reali al tasso di attualizzazione reale:

$$r_{reale} = \frac{1.15}{1.10} - 1 = 0.045 = 4.5\%$$

$$VAN = -100 + \frac{35}{1.045} + \frac{50}{1.045^2} + \frac{3039.9}{1.045^3} = 5.5, \text{ ovvero } \text{€ } 5.500$$

Nella realtà, a complicare i calcoli, intervengono vari fattori:

- i tassi di attualizzazione spesso non sono facilmente conoscibili. Un errore nella scelta del tasso di attualizzazione può comportare un errore di valutazione di un progetto;
- l'andamento dei tassi non è, generalmente, costante nel tempo; può essere necessario utilizzare vari tassi per periodi diversi se l'entità della variazione assume importanza;
- il valore attuale ottenuto da questo processo, è comunque frutto di una stima e non va mai considerato la verità assoluta.

5. CRITERI DI VALUTAZIONE DEGLI INVESTIMENTI

Dopo aver illustrato come calcolare il valore attuale (VA) di un'attività che genera un flusso di cassa C_1 a un anno da oggi, ovvero

$$VA = FA_1 \times C_1 = \frac{1}{1+r_1} C_1$$

si illustra ora come calcolare il valore attuale di un flusso di cassa C_2 a due anni da oggi:

$$VA = FA_2 \times C_2 = \frac{1}{(1+r_2)^2} C_2$$

FA_2 è il fattore di attualizzazione per il flusso di cassa fra due anni e r_2 è il tasso di interesse annuo di un investimento che dura due anni.

5.1 Metodo dei flussi di cassa attualizzati DCF (Discounted Cash Flow) e criterio del Valore attuale netto (VAN) - Net Present Value (NPV)

Una delle qualità del valore attuale è che è sempre espresso in valuta corrente: i valori attuali sono pertanto sommabili tra loro. In altre parole, il valore attuale del flusso di cassa A+B è uguale al valore attuale del flusso di cassa A più il valore attuale del flusso di cassa B. Questo risultato ha importanti implicazioni per gli investimenti che generano flussi di cassa in diversi periodi.

Si è visto in precedenza come calcolare il valore di un'attività che genera un flusso di cassa C_1 nell'anno uno e il valore attuale di un'altra attività che genera un flusso di cassa C_2 nell'anno due.

Seguendo la regola dell'additività, è possibile calcolare il valore di un'attività che genera flussi di cassa ogni anno.

$$VA = \frac{1}{1+r_1} C_1 + \frac{1}{(1+r_2)^2} C_2$$

E' ovviamente possibile proseguire con lo stesso metodo e trovare il valore attuale di una serie di flussi di cassa lungo il tempo:

$$VA = \frac{1}{1+r_1} C_1 + \frac{1}{(1+r_2)^2} C_2 + \frac{1}{(1+r_3)^3} C_3 + \dots$$

Questa è chiamata *formula del flusso di cassa attualizzato*. Un modo più sintetico per scriverla è:

$$VA = \sum \frac{1}{(1+r_t)^t} C_t$$

Per trovare il valore attuale netto, si somma il flusso di cassa iniziale (solitamente negativo), esattamente come nel caso relativo ad un solo periodo.

$$VAN = C_0 + VA = C_0 + \sum \frac{1}{(1+r_t)^t} C_t$$

Tuttavia è possibile operare una semplificazione alla formula suddetta: senza entrare nel dettaglio della struttura economica, questo metodo viene spesso presentato ed utilizzato assumendo che la struttura per scadenza sia piatta. Ovvero che il tasso di interesse sia lo stesso a prescindere dalla scadenza del flusso di cassa. Ciò significa che si può sostituire la serie dei tassi di interesse, r_1, r_2, \dots, r_t con un singolo tasso r e che la formula del valore attuale può essere scritta come segue:

$$VA = \frac{1}{1+r} C_1 + \frac{1}{(1+r)^2} C_2 + \dots$$

L'applicazione di questo metodo richiede quindi di seguire tre passaggi estremamente importanti:

- prevedere i flussi di cassa generati dal progetto;
- calcolare il costo opportunità del capitale;
- attualizzare i flussi di cassa futuri del progetto.

Poi, come visto per il progetto di durata di un anno, si deve dare importanza ai progetti che hanno un VAN maggiore di zero, in quanto il loro valore è positivo.

Più precisamente, il VAN rappresenta il valore del progetto in termini di denaro oggi. I buoni progetti, quindi, sono quelli con VAN positivo, ovvero quelli che rendono l'investitore più ricco. I progetti con VAN negativo hanno costi che superano i benefici ed accettarli equivale a perdere del denaro oggi.

Poiché il VAN è espresso in termini di denaro oggi, semplifica le decisioni: quelle che incrementano ricchezza sono da preferire a quelle che la riducono. Si noti che per raggiungere questa conclusione non è necessaria alcuna informazione sulle preferenze dell'investitore: purché si calcolino correttamente tutti i flussi di cassa di un progetto, una maggiore ricchezza amplia la gamma delle possibilità e rappresenta la scelta migliore indipendentemente dalle preferenze.

Questa logica è sintetizzata nel criterio del VAN: quando si prende una decisione di investimento, occorre scegliere l'alternativa a cui corrisponde il VAN più alto. Scegliere questa alternativa equivale a ricevere il VAN corrispondente sotto forma di denaro oggi.

Una comune decisione finanziaria consiste nello scegliere se accettare o rifiutare un progetto. Dato che rifiutare un progetto generalmente ha VAN =0 (non si hanno né costi né benefici), il criterio del VAN implica che si dovrebbero:

- accettare i progetti con VAN positivo, perché equivale a ricevere il VAN corrispondente in denaro oggi;
- rifiutare i progetti con VAN negativo; accettarli significa ridurre la ricchezza degli investitori, mentre rifiutarli non implica alcun costo (VAN=0).

Tale criterio può anche essere utilizzato per scegliere tra progetti alternativi.

Si supponga di dover scegliere solo uno dei progetti i cui flussi di cassa privi di rischio sono riportati in Tabella 5.1.1. Si supponga un tasso di interesse privo di rischio è del 20%.

Tabella 5.1.1 - Flussi di cassa di tre possibili progetti.

Progetto	Flusso di cassa oggi, €	Flusso di cassa tra un anno, €
A	42	42
B	-20	144
C	-100	225

Il progetto migliore può essere individuato confrontando i diversi VAN. I calcoli sono riportati nella Tabella 5.1.2.

Tabella 5.1.2 - Flussi di cassa di tre possibili progetti.

Progetto	Flusso di cassa oggi, €	VA del flusso di cassa tra un anno, €	VAN, € oggi
A	42	42/1.20 = 35	42+35 = 77
B	-20	144/1.20 = 120	-20+120 = 100
C	-100	225/1.20 = 187.5	-100+187.5 = 87.5

Ognuno dei tre progetti ha VAN positivo; se fosse possibile, andrebbero accettati tutti e tre. Se però occorre sceglierne uno solo, il progetto B ha il VAN più alto (100) e rappresenta quindi la scelta migliore: equivale a ricevere € 100 in denaro oggi.

5.1.1 VAN e preferenze individuali

Nel confrontare progetti con differenti distribuzioni di flussi di cassa attuali e futuri, si potrebbero avere delle preferenze riguardo il momento in cui ricevere il denaro. Un soggetto potrebbe avere la necessità di ricevere denaro oggi, altri potrebbero voler risparmiare per il futuro. Il progetto B dell'esempio precedente ha il VAN più alto, ma richiede un esborso di € 20. Si supponga di volere evitare il flusso di cassa negativo immediato; il progetto A rappresenta una scelta comune in questo caso? Oppure, se si preferisse risparmiare per il futuro, sarebbe migliore il progetto C?

Ciò che si vuole capire è se le preferenze individuali dell'investitore rispetto alla distribuzione dei flussi di cassa influiscano sui progetti.

La risposta è negativa. Finché è possibile prendere e dare denaro a prestito al tasso di interesse privo di rischio, il progetto B è migliore degli altri, indipendentemente dalle preferenze sulla distribuzione temporale dei flussi di cassa.

Per capirne il motivo, si supponga di investire nel progetto B e di prendere a prestito €62 al tasso di interesse privo di rischio del 20%. I flussi di cassa complessivi sono riportati in Tabella 5.1.1.1; confrontandoli con quella del progetto A, si nota che questa combinazione genera lo stesso flusso di cassa iniziale del progetto A, ma produce un flusso di cassa finale più alto (€69,6 contro €42). Investire nel progetto B e prendere a prestito €62 oggi è quindi preferibile rispetto ad accettare il progetto A.

Tabella 5.1.1.1 - Flussi di cassa ottenuti combinando il progetto B con il prestito.

	Flusso di cassa oggi, €	Va del flusso di cassa tra un anno, €
Progetto B	-20	144
Prestito	62	$-62 \cdot 1.20 = -74.4$
Totale	42	69.6

Analogamente è possibile combinare il progetto B con un deposito di €80 al tasso di interesse privo di rischio del 20% (Tabella 5.1.1.2). Questa combinazione produce lo stesso flusso di cassa iniziale del progetto C, ma garantisce un flusso di cassa finale maggiore.

Tabella 5.1.1.2 - Flussi di cassa ottenuti combinando il progetto B con il deposito.

	Flusso di cassa oggi, €	Va del flusso di cassa tra un anno, €
Progetto B	-20	144
Deposito	-80	$80 \cdot 1.20 = 96$
Totale	-100	240

Perciò, indipendentemente da quale distribuzione temporale di flussi di cassa si preferisca, il progetto B rappresenta la scelta migliore. Questo esempio illustra il seguente principio generale:

“Indipendentemente dalle preferenze dell'investitore riguardo alla distribuzione dei flussi di cassa, è sempre preferibile massimizzare il VAN. Si potrà poi prendere a prestito o prestare denaro per spostare nel tempo i flussi di cassa, ottenendo in tal modo, la distribuzione preferita”.

Questo risultato è illustrato in Figura 5.1.1.1, in cui i tre progetti sono rappresentati in modo che all'asse orizzontale sia associato denaro oggi, mentre a quello verticale denaro tra un anno. Il VAN dei progetti si determina convertendo i flussi di cassa di oggi in base al tasso di interesse privo di

rischio del 20%, rappresentato nella Figura 5.1.1.1 dall'inclinazione -1,20 delle rette e corrisponde al tasso di conversione (€1,20 tra un anno/€1 oggi). Il progetto B ha flussi di cassa di -20 oggi e +144 tra un anno. Seguendo la retta con inclinazione -1,20 dal progetto B fino all'asse orizzontale si trova il valore del progetto B espresso in € di oggi, ovvero un VAN di €100.

Si noti che tutti i punti della retta sono ottenibili combinando il progetto B con un prestito o un deposito di importo adeguato. Analogamente, tutti i punti della retta passante per il punto che rappresenta il progetto A sono ottenibili combinando il progetto A con un prestito o un deposito e i punti della retta passante per C rappresentano combinazioni del progetto C con prestiti o depositi al tasso di interesse del 20%. In Figura 5.1.1.1, il progetto con il VAN più alto, ovvero il progetto B, si trova sulla retta più in alto e rappresenta quindi l'alternativa migliore, quale che sia la distribuzione temporale dei flussi di cassa preferita dall'investitore.

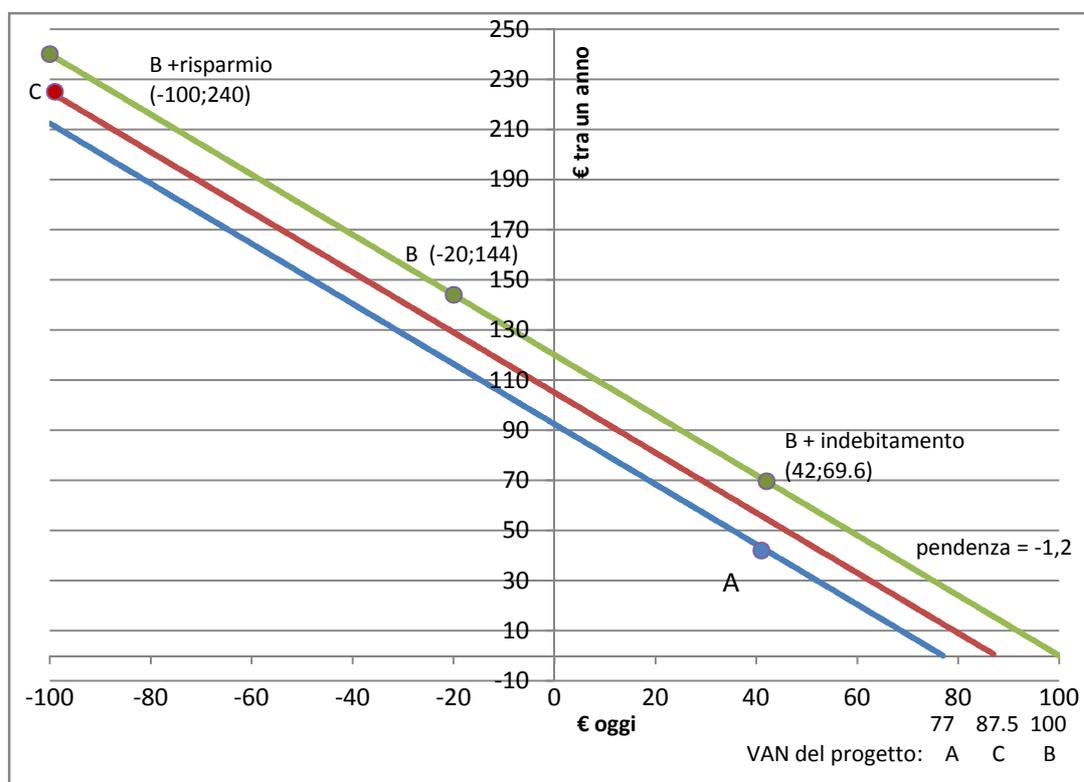


Figura 5.1.1.1 – Progetti A, B, C a confronto

5.1.2 Criteri alternativi al VAN

Nella valutazione di criteri alternativi per la scelta del progetto, occorre tenere presente che talvolta criteri diversi potrebbero fornire la stessa risposta del VAN, ma in altri casi potrebbero fornire risposte differenti. In caso di conflitto, seguire un criterio alternativo a quello del VAN, significa non intraprendere un progetto con VAN positivo e quindi non massimizzare la ricchezza. In questi casi, i criteri alternativi portano a decisioni non corrette.

In uno studio del 2001, Graham e Harvey¹¹ rilevarono che il 74,9% delle imprese statunitensi intervistate usava il criterio del VAN per prendere decisioni sugli investimenti.

Questo risultato è molto diverso da quello di uno studio simile effettuato nel 1977 da Gitman e Forrester¹², secondo il quale soltanto il 9,8% delle imprese usava il criterio del VAN. Anche lo studio di Graham, comunque, individuò che un quarto delle imprese statunitensi non usa il criterio del VAN. Non è ben chiaro il motivo per cui nella pratica si impieghino altre tecniche di *capital budgeting*; tuttavia, poiché questi criteri si possono effettivamente incontrare nel mondo degli affari, è necessario conoscerli, sapere come sono usati e come si rapportano al VAN.

¹¹ John Graham e Campbell Harvey, “*The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field*”, *Journal of Financial Economics* 60 (2001): 187-243.

¹² L.J. Gitman e J. Forrester, Jr., “*A Survey of Capital Budgeting Techniques Used by Major U.S. Firms*” *Financial Management* 6 (1977):66-71.

5.2 Metodo del periodo di recupero PBP (Payback Period)

Il più semplice criterio per le decisioni di investimento è il criterio del periodo di recupero, secondo il quale un'opportunità che permette di recuperare rapidamente l'investimento iniziale è buona.

Per applicare questo criterio si calcola il tempo necessario per recuperare l'investimento iniziale, detto periodo di recupero (*payback period*): se questo è inferiore ad un tempo fissato a priori (solitamente pochi anni) si accetta il progetto, altrimenti lo si respinge. Per esempio, un'impresa potrebbe decidere di accettare qualsiasi progetto con periodo di recupero inferiore a due anni.

Più formalmente, si intende “periodo di recupero” il tempo, solitamente espresso in anni, necessario affinché il capitale investito in un determinato progetto venga recuperato finanziariamente all'interno dell'impresa. Esso corrisponde a quell'intervallo di tempo che verifica la seguente equazione:

$$\sum_{j=0}^t C_j = 0$$

Cioè che rende uguali i flussi di cassa in uscita, algebricamente caratterizzati da un segno negativo, e quelli in entrata (aventi segno positivo) relativi ad un determinato progetto¹³.

Ipotizzando un investimento di tipo convenzionale e dei flussi finanziari continui nel tempo, la situazione può essere rappresentata graficamente secondo quanto riportato nella Figura 5.2.1.

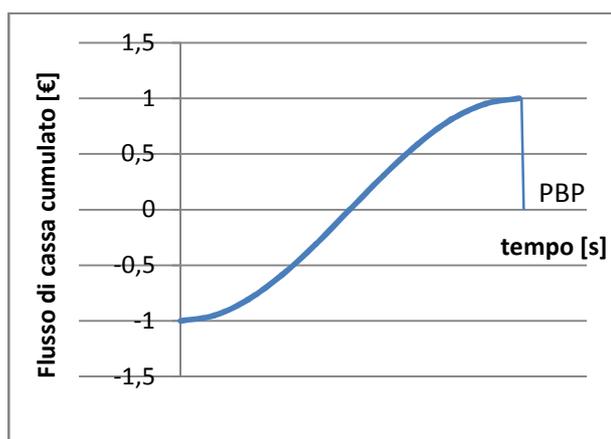


Figura 5.2.1 - Rappresentazione del periodo di recupero.

Il grafico induce a formulare una duplice considerazione. In primo luogo, esso tende ad evidenziare il punto di pareggio finanziario dell'operazione d'investimento considerata, espresso in termini temporali. Più rapidamente verrà raggiunto questo equilibrio, maggiormente convincente sarà la proposta esaminata. Secondariamente, poi, nel caso in cui il progetto dia luogo a più esborsi di capitale o richieda comunque tempi lunghi per la realizzazione delle opere in programma (ad esempio, l'avvio di una nuova linea di produzione che preveda la costruzione del capannone e dell'acquisto dei macchinari e delle attrezzature), il tempo di recupero deve partire dal momento in cui iniziano i primi esborsi finanziari e tenere conto dell'insieme dei movimenti monetari positivi e negativi che si succedono nel tempo. In questa ipotesi, un più corretto modo di procedere presupporrebbe che si prendessero in esame i valori attuali dei singoli flussi finanziari, trasformando così il metodo in oggetto in “metodo del periodo di recupero attualizzato”. Questa evoluzione verrà considerata più avanti; non trova però un largo consenso operativo.

¹³ Nel caso l'investimento si caratterizzi per un unico esborso iniziale C_0 e per un flusso di entrate costante nel tempo, il periodo di recupero viene determinato rapportando C_0 al valore dell'entrata attesa nell'unità di tempo (un anno).

Ritornando agli aspetti generali, va osservato che ,affinché un progetto sia considerato conveniente, è necessario che il suo periodo di recupero sia contenuto entro una soglia massima di accettabilità fissata dall'impresa, che, in ogni caso, deve essere inferiore al ciclo finanziario complessivo riguardante l'investimento, non manifestandosi, in assenza di questa condizione, alcun beneficio economico dalla realizzazione dell'operazione.

Il periodo massimo accettabile di recupero fissato dall'impresa, detto anche *cut-off period*, rappresenta il limite superiore oltre il quale la proposta di investimento verrà respinta. E' evidente che non potrà esservi un unico *cut-off period* per differenti tipologie di investimento, dato che è la natura stessa delle operazioni in programma ad influenzare la vita utile dell'investimento e, quindi, la lunghezza attesa del relativo ciclo finanziario. Nell'ipotesi di progetti alternativi, tra loro assimilabili per *cut-off period*, sarà preferito quello che presenta un tempo di recupero inferiore.

La logica su cui poggia tale metodo fa riferimento all'attitudine dell'investimento a generare con maggiore o minore prontezza flussi positivi netti¹⁴, nel presupposto che a tale liquidità corrisponda una possibilità di impiegare nuovamente i capitali disponibili e, soprattutto, un minore rischio d'impresa connesso con la lunghezza temporale dell'esposizione finanziaria derivante dalla proposta d'investimento considerata.

In altri termini, il metodo del periodo di recupero è un indicatore del grado di liquidità dell'investimento, cioè della prontezza con la quale il capitale impiegato si rende nuovamente disponibile per altri usi. Il tempo, in questo caso, è un concetto fisico lontano da riferimenti e considerazioni di natura economica.

Esso, inoltre, viene anche utilizzato per evidenziare l'atteggiamento assunto dall'impresa nei confronti del rischio. Infatti, anche se la considerazione del rischio non può essere fatta in maniera così semplicistica, dipendendo esso dalla dispersione dei possibili risultati dell'investimento rispetto al valore atteso e non dalla celerità con cui il capitale impiegato si riconverte in forma liquida, pur tuttavia la fissazione di un periodo massimo di reintegrazione di fatto rappresenta un modo per limitare il rischio che l'impresa ritiene assumere, essendo quest'ultimo funzione anche del tempo.

La possibilità, quindi, di manifestare una preferenza per le operazioni a breve termine e un'avversione per il rischio legato ad eventi più lontani, rendono attraente il metodo a livello aziendale, tenuto anche conto della sua notevole semplicità di utilizzo.

5.2.1 Pregi e difetti del metodo del periodo di recupero

Per mettere in evidenza le debolezze di questo metodo si consideri il seguente esempio:

Tabella 5.2.1.1 - Esempio del metodo del periodo di recupero.

Progetto	Flussi di cassa, €				Tempo di recupero, anni	VAN al 10%
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃		
A	-2000	+500	+500	+5000	3	+2624
B	-2000	+500	+1800	0	2	-58
C	-2000	+1800	+500	0	2	+50

Nel caso del progetto A sono necessari 3 anni per recuperare l'investimento di €2.000; nel caso dei progetti B e C, sono necessari solo due anni. Se si utilizzasse la regola del tempo di recupero con *cut-off period* di 3 anni o più, si accetterebbero tutti e tre i progetti, anche quello con il VAN negativo. Se il *cut-off period* fosse di due anni, si rifiuterebbe il progetto A che ha un VAN positivo e si accetterebbe il progetto B che ha un VAN negativo. Quindi indipendentemente dalla scelta del *cut-off period*, la regola del tempo di recupero fornisce risposte diverse da quella del VAN.

¹⁴ Brugger G., "La valutazione degli investimenti industriali", Varese, Giuffrè Editore, 1979 pag.67.

Ipotizzando un costo opportunità del capitale del 10%, si calcola di seguito il VAN per i tre progetti:

$$VAN_A = -2000 + \frac{500}{1.10} + \frac{500}{1.10^2} + \frac{5000}{1.10^3} = +€ 2624$$

$$VAN_B = -2000 + \frac{500}{1.10} + \frac{1800}{1.10^2} = -€ 58$$

$$VAN_C = -2000 + \frac{1800}{1.10} + \frac{500}{1.10^2} = +€ 50$$

La regola del VAN porta ad accettare i progetti A e C ed a rifiutare il progetto B.

La regola del tempo di recupero può fornire risposte sbagliate per diversi motivi.

Il principale limite del metodo del periodo di recupero risiede nel fatto che esso non prende assolutamente in considerazione i benefici economici, in termini di incremento dei profitti e del valore aziendale, attesi dall'investimento, visto che non si dà alcun peso ai flussi di cassa successivi al *cut-off period*.

Inoltre, anche gli stessi flussi di cassa precedenti la data di compimento del recupero vengono trattati uniformemente, senza prendere in considerazione il loro differente posizionamento temporale.

Nel prossimo paragrafo si illustrerà che il secondo punto di debolezza è facilmente superabile.

Ben più grave è invece il primo limite, nei fatti non superabile con considerazioni integrative. L'impiego del metodo in esame, renderebbe infatti impossibile la valutazione degli investimenti ad ampio ciclo temporale, rientranti ad esempio nella pianificazione strategica aziendale, non riuscendo attraverso di esso a quantificare il risultato economico atteso dall'investimento e conseguentemente, il contributo portato da quest'ultimo al miglioramento della posizione competitiva dell'impresa sul mercato.

Quindi, tale limite assume un così grande rilievo da far escludere l'utilizzo del criterio del periodo di recupero come metodo autonomo per la valutazione degli investimenti, in particolar modo di quelli caratterizzati da un lungo ciclo finanziario.

Questa metodologia di valutazione può allora essere presa in considerazione in via complementare rispetto ad altri criteri più rigorosi, qualora il rischio collegato ai progetti in esame assuma livelli elevati, rendendosi utile in questa circostanza una più favorevole considerazione delle proposte di investimento che comportino un più rapido rientro dei capitali investiti, o anche per un giudizio di prima approssimazione qualora il profilo temporale dell'investimento sia di breve termine.

Come approfondito in precedenza, il criterio del periodo di recupero non è affidabile perché ignora il valore temporale del denaro e non considera il costo del capitale. Nessun criterio che ignori il *set* delle opportunità di investimento alternative può essere ottimale: nonostante questo difetto, Graham e Harvey hanno rilevato che circa il 50% delle aziende intervistate usava questo metodo.

Una così grande quantità di aziende prende in considerazione il criterio del periodo di recupero per la sua semplicità. E' un metodo usato tipicamente per decisioni su piccoli investimenti. Estremizzando la dimensione dell'investimento, un esempio è quando si tratta di scegliere se acquistare una nuova fotocopiatrice o far riparare quella vecchia. In questi casi il costo di una decisione errata potrebbe non essere così alto da giustificare il tempo necessario per calcolare il VAN.

I manager parlano informalmente di progetti a "recupero veloce" nella stessa maniera con cui gli investitori parlano di azioni ad "alto P/U " (rapporto prezzo- utili).

Il criterio del periodo di recupero attrae perché indirizza la decisione verso progetti a breve termine. Inoltre, se il periodo di recupero richiesto è breve (1-2 anni), la maggior parte dei progetti che soddisfano il criterio del periodo di recupero ha un VAN positivo. Perciò, le imprese possono risparmiare energie applicando prima il criterio del periodo di recupero; per i progetti non selezionati, possono poi approfondire l'analisi calcolando il VAN.

5.3 Metodo del periodo di recupero attualizzato: applicazione, pregi e difetti

Relativamente al posizionamento temporale dei flussi di cassa, è stato già osservato che si potrebbe implementare il metodo attraverso l'attualizzazione dei flussi in entrata ed in uscita collegati all'investimento. L'incognita del metodo sarà in questo caso determinata dalla ricerca di quel periodo di tempo, più distante dal momento di avvio del programma di spesa rispetto all'ipotesi semplificata (non attualizzata), che soddisfi l'equazione:

$$\sum_{j=0}^t \frac{C_j}{(1+i)^j} = 0$$

Ovvero, la regola del tempo di recupero attualizzato ha come obiettivo l'individuazione della durata che deve avere il progetto affinché esso abbia senso in termini di valore attuale netto.

Si applica ora il metodo del periodo di ritorno attualizzato all'esempio visto in precedenza:

Tabella 5.3.1 - Esempio del metodo del periodo di recupero attualizzato.

Progetto	Flussi di cassa, €				Tempo di recupero attualizzato, anni	VAN al 10%
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃		
A	-2000	500/1.10 = 455	+500/1.10 ² = 413	5000/1.10 ³ = 3757	3	+2624
B	-2000	500/1.10 = 455	1800/1.10 ² = 1488	0	-	-58
C	-2000	1800/1.10 = 1636	500/1.10 ² = 413	0	2	+50

Si può notare che il progetto B avrebbe ora un valore dei flussi di cassa in entrata che non supera la spesa iniziale, infatti la regola del periodo di recupero attualizzato porta a non accettare mai un progetto che abbia un VAN negativo.

Tale procedura viene spesso trascurata nella realtà, sia per preservare le caratteristiche di semplicità di applicazione e di immediatezza di lettura dei risultati che fanno del metodo non attualizzato uno dei più frequentemente usati, sia in considerazione del fatto che, quando il periodo di recupero è limitato a pochi anni, l'importanza degli effetti che il fattore tempo esercita sul valore monetario è limitata o addirittura annullata dall'uso di flussi monetari espressi in valori costanti.

D'altro canto, poiché questa regola continua a non prendere in considerazione tutti i flussi di cassa successivi al *cut-off period*, i progetti che nel lungo periodo si rivelerebbero convenienti (come il progetto A nell'esempio), rischierebbero comunque di venire rifiutati.

5.4 Metodo del tasso interno di rendimento TIR - IRR (Internal Rate of Return)

Al giorno d'oggi, il 75% delle imprese calcola sempre il valore attuale netto quando deve decidere se intraprendere o meno un progetto di investimento; spesso infatti vengono utilizzate più misure per valutare l'attrattività di un progetto.

Circa tre quarti delle imprese calcolano il tasso interno di rendimento (TIR); una percentuale pressoché uguale di imprese calcola il VAN. Il metodo del TIR, come si vedrà, strettamente legato al VAN, quando usato correttamente fornisce gli stessi risultati. E' perciò necessario comprendere bene il concetto di TIR e le cautele da adottare nel suo impiego.

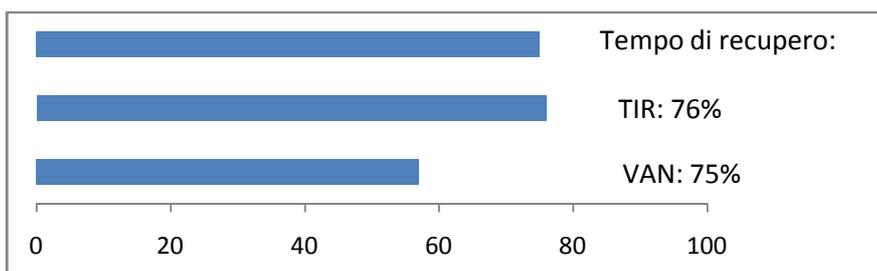


Figura 5.4.1 – Risultati dello studio di Graham e Harvey.

Illustrata ed esemplificata la definizione di TIR, ci si soffermerà maggiormente sui difetti del metodo, non perché questi siano più numerosi, ma soltanto perché sono meno ovvi, e quindi possono diventare facile fonte di errore.

In precedenza si è osservato che il VAN può anche essere espresso in termini di tasso di rendimento, il che condurrebbe alla regola di accettare proposte di investimento che offrono tassi di rendimento maggiori dei loro costi opportunità. Questa affermazione, se correttamente interpretata è assolutamente vera. Ciononostante, una corretta interpretazione della regola del TIR non è sempre facile nel caso di progetti di investimento a lungo termine.

Non vi è alcuna ambiguità nel definire il vero tasso di rendimento di un investimento che genera una sola entrata dopo un periodo:

$$\text{tasso di rendimento} = \frac{\text{entrata}}{\text{investimento}} - 1$$

In alternativa, potremmo indicare il VAN dell'investimento e ricavare il tasso di attualizzazione che dà un VAN=0:

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{1 + \text{tasso di attualizzazione}} = 0$$

Questo comporta che:

$$\text{tasso di attualizzazione} = \frac{C_1}{-C_0} - 1$$

C_1 indica l'entrata, e $-C_0$ l'investimento iniziale; in questo modo le due equazioni affermano esattamente la stessa cosa, cioè che il tasso di attualizzazione che dà un VAN=0 è anche il suo tasso di rendimento.

Sfortunatamente, non vi è un modo altrettanto soddisfacente per definire il vero tasso di rendimento di un'attività a lungo termine. Il concetto migliore è il cosiddetto TIR. Il tasso interno di rendimento viene spesso usato in finanza. Si tratta infatti di un metodo pratico, ma come si vedrà, a volte ingannevole.

5.4.1 Calcolo del TIR

Il tasso interno di rendimento viene definito come il tasso di attualizzazione che dà un VAN=0. Questo significa che, per ricavare il TIR di un progetto di investimento della durata di T anni, dobbiamo risolvere la seguente equazione.

$$VAN = C_0 + \frac{1}{1 + TIR} C_1 + \frac{1}{(1 + TIR)^2} C_2 + \dots + \frac{1}{(1 + TIR)^T} C_T = 0$$

In realtà, per calcolare il TIR occorre andare per tentativi. Ovviamente, nella pratica si procede per via numerica con programmi che risolvono questo tipo di problema, ma per comprenderne il senso si consideri un progetto con i flussi di cassa in Tabella 5.4.1.1:

Tabella 5.4.1.1 - Esempio TIR.

Flussi di cassa, euro		
C_0	C_1	C_2
-4000	+2000	+4000

Il tasso interno di rendimento è il TIR della seguente equazione:

$$VAN = -4000 + \frac{2000}{1 + TIR} + \frac{2000}{(1 + TIR)^2} = 0$$

Si tenta con un tasso di attualizzazione uguale a zero.

$$VAN = -4000 + \frac{2000}{1.0} + \frac{2000}{(1.0)^2} = +€ 2000$$

Il VAN è positivo, quindi il TIR deve essere maggiore di zero. Si tenta con un tasso di attualizzazione del 50%:

$$VAN = -4000 + \frac{2000}{1.50} + \frac{2000}{(1.50)^2} = -€ 889$$

Il VAN è negativo, quindi il TIR deve essere inferiore al 50%.

In Figura 5.4.1.1 si sono riportati i valori attuali netti ricavati da una serie di tassi di attualizzazione. Osservando il grafico, possiamo notare che il tasso di attualizzazione del 28% dà un valore nullo al VAN. Il TIR è quindi il 28%.

Il modo più semplice per calcolare manualmente il TIR è tracciare, in un grafico simile a quello di Figura 5.4.1.1, tre o quattro combinazioni di VAN e tasso di attualizzazione; unendo i punti con una linea continua si individua graficamente il tasso per cui il VAN si annulla.

E' ovviamente più preciso utilizzare un computer o una calcolatrice programmata.

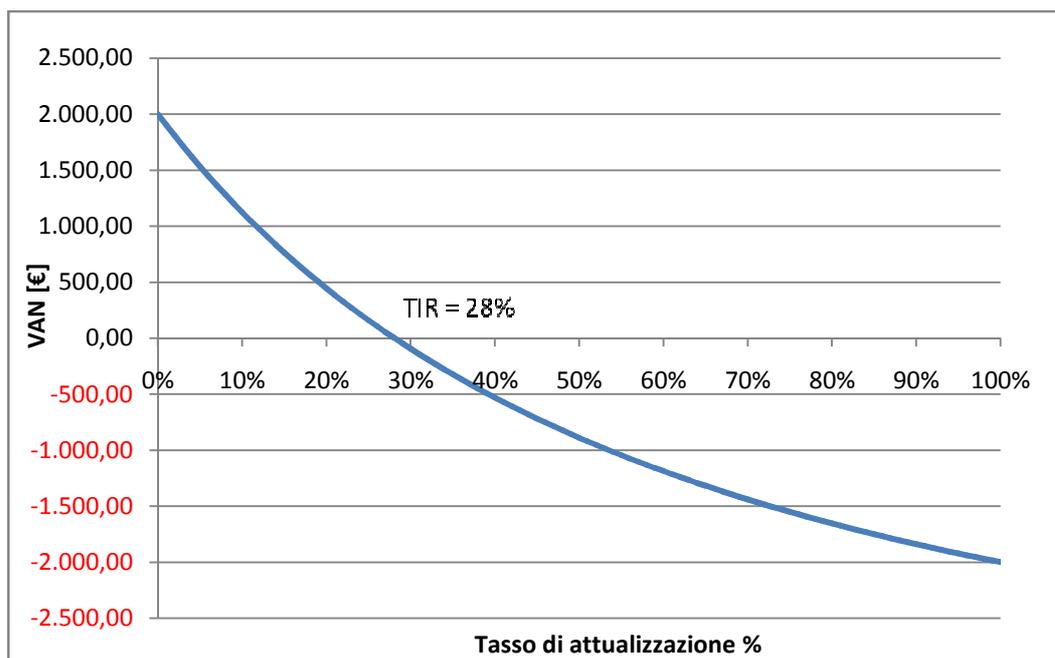


Figura 5.4.1.1 - VAN del progetto in funzione del tasso di attualizzazione.

5.4.2 La regola del TIR

Non si deve confondere il tasso interno di rendimento con il costo opportunità del capitale, solo per il fatto che entrambi appaiono nella formula del VAN come tassi di attualizzazione, in quanto sono concettualmente differenti. Il tasso interno di rendimento è una misura di redditività che dipende unicamente dall'ammontare e dalla collocazione temporale dei flussi di cassa di un progetto. Il costo opportunità del capitale è uno standard di redditività di un progetto che viene utilizzato per calcolare il valore del progetto stesso. Il costo opportunità del capitale viene determinato dai mercati finanziari. Si tratta del tasso di rendimento atteso offerto da altre attività con rischio equivalente al progetto in esame.

Secondo questo criterio, la regola da applicare è quella di accettare un progetto di investimento se il costo opportunità del capitale è inferiore al tasso interno di rendimento, cioè se il rendimento sull'opportunità di investimento considerata è superiore a quello di altre alternative disponibili sul mercato con equivalenti rischio e scadenza, l'opportunità va colta.

Più formalmente, il criterio del TIR per le decisioni di investimento afferma che va realizzato qualsiasi investimento in cui il TIR superi il suo costo di capitale, mentre va rifiutato qualsiasi investimento il cui TIR sia inferiore al costo del capitale.

La motivazione si può comprendere osservando la Figura 5.4.1.1. Se il costo opportunità del capitale è inferiore al 28%, il progetto ha un VAN positivo, qualora i flussi di cassa siano attualizzati al costo opportunità del capitale stesso. Se è uguale al tasso interno di rendimento, il progetto ha un VAN uguale a zero e se, infine è maggiore, il VAN è negativo. Quindi, quando si opera un confronto tra il costo opportunità del capitale e il TIR di un progetto, si sta effettivamente capendo se il progetto abbia un VAN positivo.

Questo metodo di procedere è corretto non solo nell'esempio considerato, ma esso darà la stessa risposta ogniquale volta il VAN di un progetto sia una funzione monotona decrescente del tasso di attualizzazione.

Sebbene i criteri del VAN e del TIR siano formalmente equivalenti, la regola del tasso interno di rendimento contiene diverse trappole.

5.4.3 Trappola 1: investimento o finanziamento?

Non tutte le serie di flussi di cassa hanno valori attuali netti che diminuiscono con l'aumentare del tasso di attualizzazione. Si considerino i seguenti progetti A e B:

Tabella 5.4.3.1 - Esempio trappola 1.

Progetto	Flussi di cassa, euro		TIR%	VAN al 10%
	C ₀	C ₁		
A	-1000	+1500	+50	+364
B	+1000	-1500	+50	-364

Entrambi i progetti hanno un TIR del 50%, in quanto, in entrambi i casi, i flussi di cassa attualizzati assumono lo stesso valore in modulo, ma con il segno invertito.

I due progetti però non si possono considerare ugualmente vantaggiosi: nel caso A, dove si pagano all'inizio € 1.000, si sta prestando denaro al 50%; mentre nel caso B, dove inizialmente vengono ricevuti € 1.000, si sta prendendo in prestito denaro al 50%.

Chi presta denaro desidera che il tasso di rendimento sia alto, mentre chi lo riceve vorrebbe che il tasso di rendimento fosse ovviamente basso.

Se si tracciasse un grafico simile a quello di Figura 5.4.1.1 per il progetto B, si osserverebbe che il VAN diminuisce con il diminuire del tasso di attualizzazione.

Quindi la regola del TIR, come formulata in precedenza, non ha alcun valore in questo caso; si deve cercare un TIR inferiore al costo opportunità del capitale.

Si prenda però in considerazione il progetto C:

Tabella 5.4.3.2 - Esempio trappola 1.

Progetto	Flussi di cassa, euro				TIR%	VAN al 10%
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃		
C	+1000	-3600	+4320	-1728	+20	-0.75



Figura 5.4.3.1 - VAN del progetto C in funzione del tasso di attualizzazione.

Dal grafico in Figura 5.4.3.1, risulta che il progetto C ha un VAN pari a zero con un tasso di attualizzazione del 20%. Se il costo opportunità del capitale fosse del 10%, si tratterebbe di un buon progetto. In parte, con il progetto C, è come se l'investitore stesse prendendo in prestito denaro, in quanto riceve denaro oggi e lo paga nel primo periodo; in parte però è anche come se stesse prestando denaro, in quanto lo paga nel periodo 1 e lo recupera nel periodo 2. Per capire se rifiutare o accettare questo progetto è necessario prendere in esame il suo valore attuale netto. La Figura 5.4.3.1 indica che il VAN del progetto aumenta con l'aumentare del tasso di attualizzazione. Se il costo di opportunità è il 10% (inferiore cioè al TIR), il progetto presenta un VAN appena negativo e lo si dovrebbe rifiutare.

5.4.4 Trappola 2: tassi di rendimento multipli

In molti Paesi, di solito, c'è un breve ritardo fra il momento in cui il debito di un'impresa matura e il momento in cui devono essere pagate le imposte sul reddito.

Si consideri un progetto con i seguenti flussi di cassa attesi:

Tabella 5.4.4.1 - Esempio trappola 2, flussi espressi in migliaia di €.

Progetto	Flussi di cassa attualizzati, migliaia di euro						
	0	1	2	3	4	5	6
Flusso prima delle imposte	-1000	+300	+300	+300	+300	+300	
Imposte		+500	-150	-150	-150	-150	-150
Flusso dopo le imposte	-1000	+800	+150	+150	+150	+150	-150

Per il progetto viene investito inizialmente € 1 milione, ma ci si aspetta che aumenti l'utile prima delle imposte di € 300.000 in ciascuno dei prossimi 5 periodi.

Si calcolano il TIR e il VAN:

Tabella 5.4.4.2 - Esempio trappola 2.

TIR %	VAN (10%)
-50 e 15.2	74.9, ovvero € 74.900

Ovvero, entrambe le seguenti espressioni sono vere:

$$VAN = -1000 + \frac{800}{0.50} + \frac{150}{(0.50)^2} + \frac{150}{(0.50)^3} + \frac{150}{(0.50)^4} + \frac{150}{(0.50)^5} + \frac{150}{(0.50)^6} = 0$$

$$VAN = -1000 + \frac{800}{1.152} + \frac{150}{(1.152)^2} + \frac{150}{(1.152)^3} + \frac{150}{(1.152)^4} + \frac{150}{(1.152)^5} + \frac{150}{(1.152)^6} = 0$$

L'investimento presenta un TIR sia del -50%, sia del +15,2%. La Figura 5.4.4.1 mostra come ciò possa accadere. All'aumentare del tasso di attualizzazione, il VAN all'inizio aumenta e poi diminuisce. Il motivo è il doppio cambiamento di segno nella serie dei flussi di cassa. Possono esserci tanti diversi tassi interni di rendimento in un progetto quanti sono i cambiamenti di segno nei flussi di cassa¹⁵.

Nel caso considerato, il doppio cambiamento di segno è causato da un ritardo nel pagamento delle imposte, ma questo non è il solo caso che può capitare. Per esempio, molti progetti originano significativi costi di smaltimento portando quindi a cambiamenti di segno dei flussi di cassa.

¹⁵ Secondo la "regola dei segni" di Cartesio, un polinomio a coefficienti reali può avere tante radici quanti sono i cambiamenti di segno fra coefficienti consecutivi.

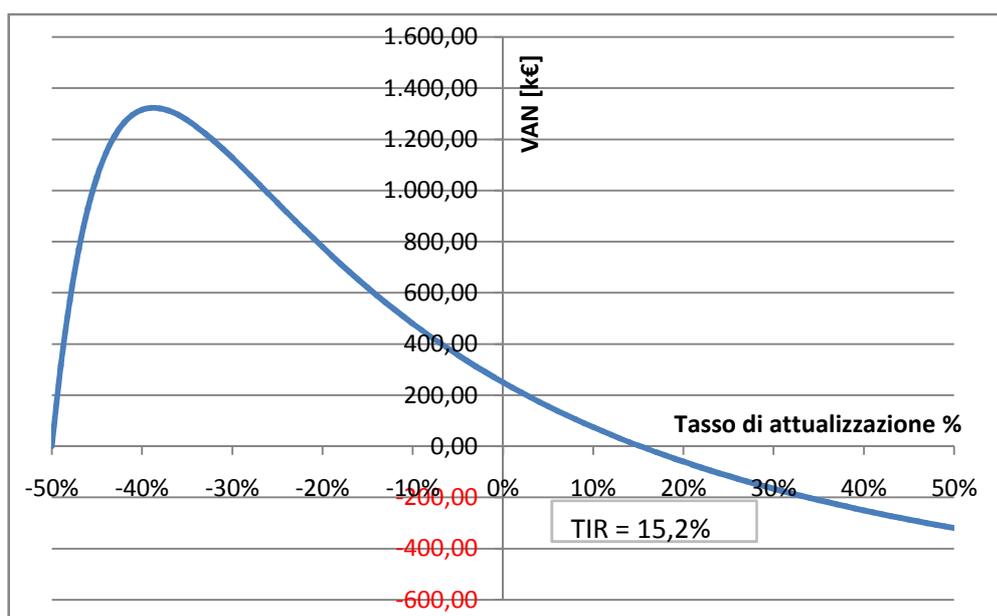


Figura 5.4.4.1 - VAN del progetto in funzione del tasso di attualizzazione.

Vi sono anche dei casi in cui non esiste alcun tasso interno di rendimento. Il progetto D, per esempio, presenta un valore attuale netto positivo per qualsiasi tasso di attualizzazione.

Tabella 5.4.4.3 - Esempio trappola 2.

Progetto	Flussi di cassa, euro			TIR %	VAN al 10 %
	C ₀	C ₁	C ₂		
D	+1000	-3000	+2500	Nessuno	+339

Per questi casi sono studiati adattamenti alla regola del TIR; secondo molti esperti tali adattamenti sono non solo inadeguati, ma anche del tutto inutili, in quanto la soluzione più semplice è quella di applicare il valore attuale netto.

5.4.5 Trappola 3: progetti alternativi

Le imprese si trovano spesso nella necessità di dover scegliere fra diverse alternative per effettuare lo stesso lavoro o usare lo stesso impianto. In altre parole, devono decidere tra progetti alternativi o reciprocamente esclusivi. Anche in questo caso, la regola del TIR può portare a soluzioni errate.

Si considerino i progetti E ed F:

Tabella 5.4.5.1 - Esempio trappola 3.

Progetto	Flussi di cassa, euro		TIR %	VAN al 10 %
	C ₀	C ₁		
E	-10.000	+20.000	100	+8172
F	-20.000	+35.000	75	+11818

Si ipotizzi che il progetto E sia una macchina utensile a controllo manuale e che il progetto F sia la stessa macchina utensile controllata da un computer. Si tratta in entrambi i casi di buoni investimenti, ma F presenta un VAN maggiore ed è di conseguenza un investimento migliore. Ciononostante, l'applicazione della regola del TIR indirizza la scelta verso quello con un TIR maggiore.

Mettendo in pratica la regola del TIR, il tasso di rendimento del progetto scelto sarà del 100%, ma applicando la regola del VAN verrebbe percepita una ricchezza maggiore.

In questi casi, è possibile recuperare la regola del TIR calcolando il tasso interno di rendimento dei flussi incrementali. Si vede ora come operare.

Si prende in considerazione il progetto di minori dimensioni (E, nell'esempio considerato). Esso presenta un TIR del 100%, ben al di sopra del costo opportunità del capitale. Si può quindi affermare che E sia un progetto accettabile. E' ora necessario chiedersi se valga la pena di investire altri € 10.000 nel progetto F. I flussi incrementali originati dalla scelta di F invece di E sono i seguenti:

Tabella 5.4.5.2 - Esempio trappola 3.

Progetto	Flussi di cassa, euro		TIR %	VAN al 10 %
	C ₀	C ₁		
F-E	-10.000	+15.000	50	+3636

Il TIR dell'investimento incrementale è del 50%, anch'esso molto al di sopra del costo opportunità del capitale (10%). Sarebbe quindi preferibile il progetto F al progetto E. Senza considerare l'investimento incrementale, il TIR non è un criterio affidabile, dovendo selezionare progetti di dimensioni diverse.

Risulta essere inattendibile anche qualora si debbano analizzare progetti che presentano nel tempo modelli di flussi di cassa differenti.

Si supponga, per esempio, che un'impresa possa intraprendere il progetto G o il progetto H, ma non entrambi (si ignori per il momento il progetto I):

Tabella 5.4.5.3 - Esempio trappola 3.

Progetto	Flussi di cassa, euro							TIR %	VAN al 10 %
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅		
G	-9.000	+6.000	+5.000	+4.000	0	0	...	33	+3592
H	-9.000	+1.800	+1.800	+1.800	+1.800	+1.800	...	20	+9.000
I		-6.000	+1.200	+1.200	+1.200	+1.200	...	20	+6.000

Il progetto G presenta un TIR maggiore, mentre il progetto H ha il VAN più alto. La Figura 5.4.5.1 evidenzia il motivo per cui le due regole danno risultati diversi. La linea blu indica il valore attuale netto del progetto G a tassi di attualizzazione differenti. Dal momento che un tasso di attualizzazione del 33% produce un valore attuale netto pari a zero, questo tasso corrisponde al tasso interno di rendimento del progetto G. Allo stesso modo, la linea rossa indica il valore attuale netto del progetto H a tassi di attualizzazione differenti. Il TIR del progetto H è del 20% (si supponga che i flussi di cassa del progetto H continuino all'infinito). Si noti che il progetto H ha un VAN maggiore fino a che il costo di opportunità del capitale è inferiore al 15,6%.

Il motivo per cui il TIR può indurre in errore consiste nel fatto che le entrate totali del progetto H sono maggiori, ma tendono a verificarsi più tardi. Quindi, quando il tasso di attualizzazione è basso, il progetto H presenta il più alto VAN; quando il tasso di attualizzazione è alto, il progetto G ha il VAN maggiore.

Osservando la Figura 5.4.5.1 si nota che i due progetti hanno lo stesso VAN quando il tasso di attualizzazione è il 15,6%. I tassi interni di rendimento dei due progetti ci indicano che, ad un tasso di attualizzazione del 20%, il progetto H ha un VAN=0 (TIR=20%), mentre il progetto G presenta un VAN positivo.

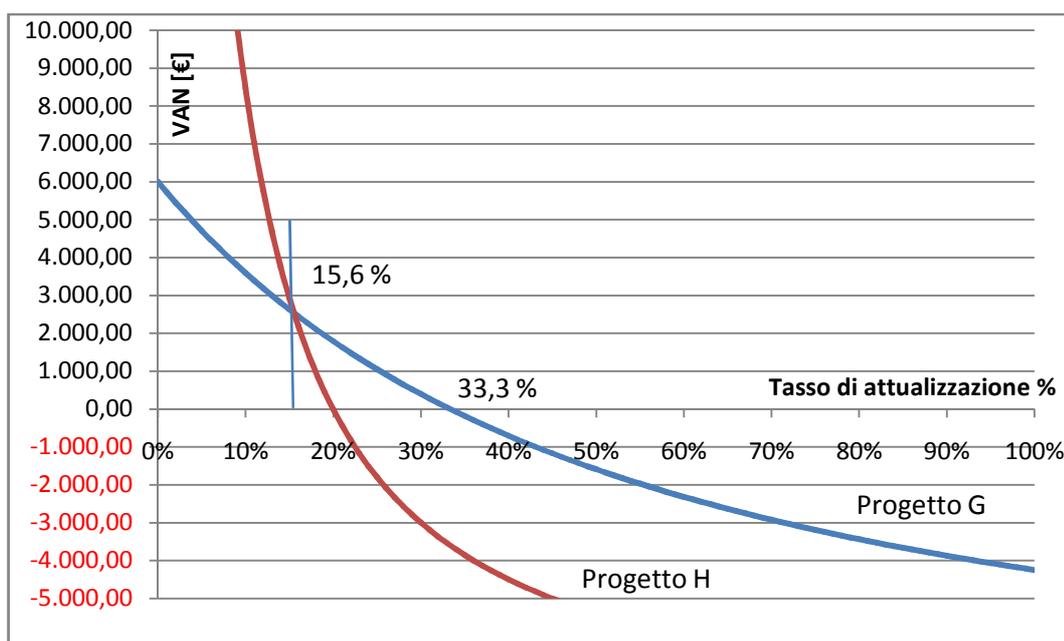


Figura 5.4.5.1 - VAN dei progetti G e H in funzione del tasso di attualizzazione.

Così, se il costo opportunità del capitale fosse il 20%, gli investitori tenderebbero a dar un valore maggiore al progetto G di breve durata. Nell'esempio però, il costo opportunità è del 10% e non del 20%. Gli investitori sono disposti a pagare prezzi relativamente alti per attività a lunga durata e di conseguenza pagheranno un prezzo relativamente alto per il progetto a vita più lunga. Con il costo del capitale del 10%, investendo nel progetto H si avrà un VAN di € 9.000, mentre investendo nel progetto G si avrà un VAN di soli € 3.592.

Tuttavia capita spesso che i manager optino per il progetto G. Il motivo potrebbe essere il più veloce tempo di recupero del capitale generato dal progetto G. In altre parole, essi possono ritenere che, accettando il progetto G, siano in seguito in grado di accettare anche il progetto I (si noti che G può essere finanziato usando i flussi di cassa provenienti da G), mentre se accettassero il progetto H, non avrebbero denaro sufficiente per I. Questa affermazione è dettata dall'ipotesi che la scelta tra le prime due opzioni sia forzata da una carenza di capitale. Se così non fosse H sarebbe il progetto migliore.

Tornando alla scelta tra i progetti G ed H, la via più semplice da seguire consiste nel mettere a confronto i valori attuali netti. Se invece, si desidera usare la regola del TIR, la si deve usare considerando il tasso interno di rendimento dei flussi incrementali. Il procedimento è esattamente uguale a quello già descritto. In primo luogo bisogna accertarsi che il progetto G abbia un TIR soddisfacente. Quindi, considerare il rendimento dell'investimento incrementale nel progetto H.

Tabella 5.4.5.4. Esempio trappola 3.

Progetto	Flussi di cassa, euro							TIR %	VAN al 10 %
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	ecc.		
H-G	0	-4.200	-3.200	-2.200	+1.800	+1.800	...	15.6	+5408

Il TIR dell'investimento incrementale nel progetto H è il 15,6%. Dal momento che è superiore al costo opportunità del capitale, si dovrebbe investire sul progetto H piuttosto che sul progetto G.

5.4.6 Trappola 4: che cosa succede quando non possiamo dimenticare la struttura per scadenza dei tassi di interesse?

La discussione sulle decisioni di investimento è stata semplificata ipotizzando che il costo opportunità del capitale fosse uguale per tutti i flussi di cassa.

Senza addentrarsi in un approfondimento della struttura per scadenza dei tassi di interesse, si deve comunque evidenziare i problemi che si incontrano con la regola del TIR e che sorgono qualora i tassi di interesse a breve termine siano diversi da quelli a lungo termine.

Di seguito si ricorda la formula generica per il calcolo del valore attuale netto:

$$VAN = C_{01} + \frac{C_1}{1 + r_1} + \frac{C_2}{(1 + r_2)^2} + \frac{C_3}{(1 + r_3)^3} + \dots$$

Si sta cioè attualizzando C_1 al costo opportunità del capitale per un anno, C_2 al costo opportunità del capitale per due anni, e così via. Seguendo la regola del TIR, con quale di questi costi opportunità dovremmo confrontare il TIR? In realtà, si dovrebbe calcolare una media piuttosto complessa di questi tassi per ottenere un numero confrontabile col TIR.

Tutto questo si traduce in difficoltà per la regola del TIR ogniqualvolta la struttura per la scadenza dei tassi di interesse diventa importante.

In una situazione di questo tipo si dovrebbe confrontare il TIR del progetto con il TIR atteso (rendimento a scadenza) di un titolo negoziabile che abbia lo stesso rischio di progetto e presenti lo stesso modello temporale dei flussi di cassa.

Un confronto di questo genere è più difficile a dirsi che a farsi,; è quindi consigliabile evitare di utilizzare il TIR e calcolare semplicemente il VAN.

5.4.7 Giudizio finale sul TIR

Si sono evidenziati quattro esempi di valutazione originati dal TIR, più di quanti evidenziati per il metodo del periodo di recupero. Questo non significa che sia un metodo peggiore, anzi. Semplicemente non vi è motivo di soffermarsi sui limiti della regola del periodo di recupero, in quanto si tratta di una regola che può essere adatta a casi particolari, ma nella normalità degli investimenti di durata non limitata a qualche anno, questa può portare a considerazioni sbagliate.

La regola del TIR ha origini più rispettabili; è meno facile da applicare, rispetto al VAN, ma, se usata correttamente, dà le stesse risposte.

Nel caso di un investimento “normale” con uscita iniziale seguita da una serie di entrate, non esiste alcuna difficoltà nell’uso del tasso interno di rendimento per decidere se accettare o rifiutare un progetto. Tuttavia, anche in questi casi, è necessario porre molta attenzione alla trappola 3.

Un’impresa che, per prima cosa guarda il TIR dei progetti, stimola la ricerca di progetti con TIR maggiore possibile. Incoraggia anche i manager a modificare i progetti in modo che i loro TIR siano i più alti possibili. Però i progetti con i TIR più alti sono quelli di breve durata e che richiedono un limitato investimento iniziale. Questi progetti non creano, in genere, molto valore alle imprese.

Non si conosce il motivo per cui molte aziende si concentrino particolarmente sul tasso interno di rendimento, ma una possibile risposta potrebbe essere data dal fatto che il management non riponga sufficiente fiducia negli studi previsionali che riceve.

5.5 Rischio e rendimento

In questa parte del capitolo si va a sviluppare una delle teorie che legano rischio e rendimento in un mercato competitivo, ovvero l'approccio CAPM. Queste sono utilizzate per stimare il rendimento che gli investitori richiedono per gli investimenti nel mercato.

Queste teorie sono nate e state sviluppate sulla base dell'analisi del mercato azionario, per cui nella spiegazione si incontreranno principalmente riferimenti ai titoli azionari, che non sono propriamente paragonabili ad altri investimenti come quelli che si stanno considerando, cioè nel settore delle fonti rinnovabili. Tuttavia, dopo la spiegazione si affronteranno le tematiche che possono creare problemi al suo utilizzo, ma si spiegherà anche il perché lo si è affrontato.

Trattandosi di un argomento estremamente vasto e complesso, ci si pone l'obiettivo di selezionarne gli aspetti principali per la sua comprensione, dando una maggiore importanza all'apprendimento delle ipotesi implicite alla teoria ed ai limiti che essa pone, piuttosto che alla trattazione statistica completa che regge l'approccio del CAPM.

Prima però è necessario esporre alcuni concetti.

5.5.1 Rischio specifico e rischio sistematico

Il rischio economico è quel tipo di rischio che incide sui risultati reddituali degli operatori economici. Esso è legato all'equilibrio tra costi e ricavi ed è determinato dalla variabilità di un fenomeno economico in condizioni di incertezza.

Il possessore di un portafoglio azionario può ridurre il rischio a cui è esposto attraverso la diversificazione dei titoli che possiede. La strategia della diversificazione funziona poiché i prezzi di azioni differenti non hanno andamenti esattamente concordi; tecnicamente si definiscono imperfettamente correlati.

Il rischio che può essere potenzialmente eliminato con la diversificazione è chiamato rischio specifico.

C'è però una quota del rischio che non può essere eliminata, detta appunto detto rischio sistematico. Questo deriva dalla constatazione che ci sono problemi e pericoli che interessano l'intera economia, rappresentando una minaccia per tutte le attività, e questo fa sì che le azioni tendano a muoversi insieme.

5.5.2 Il rischio sistematico è misurato dal beta

Per conoscere il contributo di un singolo titolo al rischio di un portafoglio ben diversificato, non è corretto pensare al rischio di questo titolo come se fosse considerato a sé stante: bisogna piuttosto misurare il suo rischio sistematico e ciò si riduce alla misurazione di quanto il titolo sia sensibile ai movimenti di mercato. Questa sensibilità del rendimento di un investimento ai movimenti del mercato è usualmente chiamata beta (β). Le azioni con un β maggiore di uno tendono ad amplificare i movimenti globali del mercato. Le azioni con un β compreso fra zero ed uno tendono a muoversi nella stessa direzione del mercato, ma non con la stessa intensità. Il mercato è un portafoglio con tutte le azioni, così l'azione "media" ha un beta pari ad uno.

5.5.3 Il calcolo del beta

Secondo un approccio statistico, il beta dell'azione i può essere definito come segue:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2}$$

Dove σ_{im} è la covarianza fra i rendimenti dell'azione i e i rendimenti del mercato, mentre σ_m^2 è la varianza dei rendimenti del mercato.

Non si ritiene opportuno affrontare la trattazione statistica, ma piuttosto dare un significato intuitivo ai parametri che costituiscono il beta.

La covarianza di due titoli azionari è un parametro statistico che fornisce la misura del grado con cui due azioni variano assieme; in questo caso si fa riferimento all'azione i ed al mercato azionario. Essa contiene al suo interno un coefficiente di correlazione che può assumere valori positivi o negativi: nel primo caso le due azioni tendono a muoversi nello stesso senso, nel secondo le variazioni sarebbero discordi. Un coefficiente di correlazione nullo porterebbe ad avere una covarianza nulla e gli andamenti delle due azioni sarebbero completamente indipendenti. Essendo gli altri termini presenti nella formulazione della covarianza positivi (scarti quadratici medi delle due azioni considerate), il segno del coefficiente di correlazione coincide con quello della covarianza.

La varianza dei rendimenti del mercato (ma ciò è valido anche se considera una singola azione) è una misura statistica della variabilità del rendimento stesso.

Più precisamente è il valore atteso del quadrato dello scarto dal rendimento atteso (media dei rendimenti pesata con le probabilità che questi si verifichino):

$$\text{varianza}(r_m^{\sim}) = \text{valore atteso di } (r_m^{\sim} - r_m)^2$$

Dove r_m^{\sim} è il rendimento effettivo e r_m è il rendimento atteso, cioè la media dei rendimenti pesati con le probabilità che questi si verifichino.

Lo scarto quadratico medio è la radice quadrata della varianza.

5.5.4 L'approccio CAPM (Capital Asset Pricing Model): relazione tra rischio e rendimento, ipotesi e limiti nella sua applicazione

Nessun investimento è totalmente privo di rischio, ma l'investimento meno rischioso si può individuare nei titoli di Stato a breve termine. Teoricamente, a questi si può attribuire un valore di beta pari a zero.

Un soggetto economico che decide di esporsi ad un rischio maggiore investendo nel mercato azionario, richiederà perciò un rendimento più alto dal mercato che dai titoli di Stato. La differenza tra il rendimento del mercato e ed il tasso di interesse privo di rischio è definita come premio per il rischio del mercato.

Alla metà degli anni Sessanta del XX secolo, tre economisti - William Shape, John Lintner e Jack Treynor - hanno realizzato un metodo per capire quale sia il premio atteso per il rischio quando il beta non sia banalmente 0 o 1. Tale metodo è denominato CAPM (*Capital Asset Pricing Model*).

Il messaggio del modello si presenta in una forma estremamente semplice, ovvero il premio atteso per il rischio varia in modo direttamente proporzionale al beta. Ciò significa che tutti gli investimenti si devono collocare sulla linea inclinata di Figura 5.5.4.1, conosciuta come linea del mercato azionario o *security market line*.

Il premio atteso per il rischio di un investimento con un beta pari a 0,5 è di conseguenza la metà del premio atteso per il rischio del mercato; e il premio atteso per il rischio di un investimento con un beta pari a 2 è il doppio del premio atteso per il rischio del mercato.

Analiticamente si può scrivere:

$$r - r_f = \beta(r_m - r_f)$$

Dove r_m è il rendimento del mercato e r_f è il tasso di interesse privo di rischio (Risk-free interest rate).

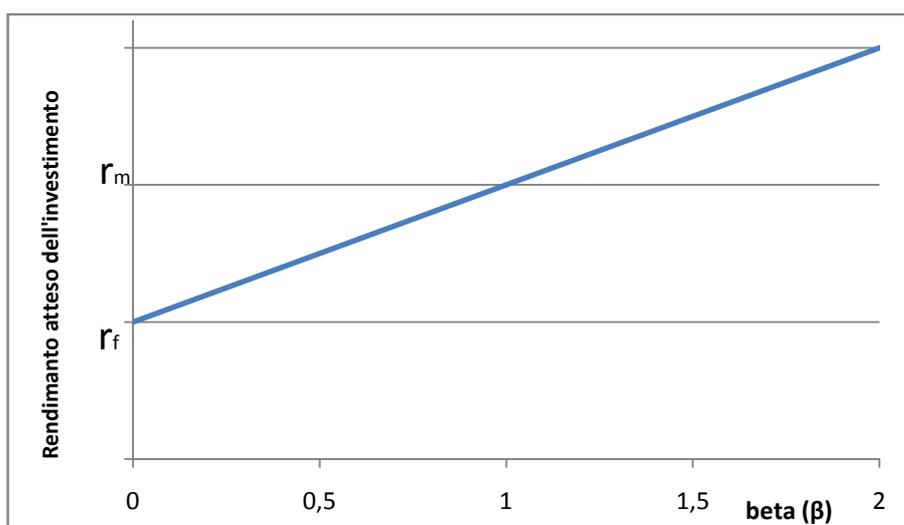


Figura 5.5.4.1 – Rendimento atteso dell'investimento in funzione del beta.

Le ipotesi principali sottostanti al CAPM sono tre.

La prima presuppone che gli investitori possano acquistare e vendere tutti i titoli al prezzo di mercato (senza cioè sostenere costi di transizione o pagare imposte) e possono prendere o dare a prestito denaro al tasso di interesse privo di rischio.

La seconda ipotesi afferma che gli investitori scelgano un portafoglio di titoli che offra il più elevato rendimento possibile (portafogli efficienti), dato il livello di volatilità dei rendimenti che sono disposti ad accettare. Infatti, combinando il portafoglio efficiente con il denaro preso o dato a prestito al tasso privo di rischio, l'investitore può ottenere il più alto rendimento atteso per qualunque livello di volatilità sia disposto ad accettare.

La terza, e la più importante delle ipotesi, suppone che gli investitori abbiano aspettative omogenee su volatilità, correlazioni e rendimenti attesi dei titoli; inoltre presuppone che gli i soggetti siano soddisfatti di investire i loro fondi in un numero limitato di portafogli di riferimento: nel CAPM tali portafogli sono i Buoni del Tesoro ed il portafoglio di mercato, escludendone altri come monete o materie prime.

Ogni investitore può avere la propria personale stima delle volatilità, delle correlazioni e dei rendimenti attesi dei titoli disponibili. Ma gli investitori non stimano a caso questi dati; si basano su modelli storici ed altre informazioni che sono pubblicamente disponibili. Se gli investitori usano informazioni pubblicamente disponibili, le loro stime tenderanno ad essere simili. Di conseguenza, non è irragionevole considerare un caso speciale in cui tutti gli investitori effettuano le stesse stime sui futuri investimenti e futuri rendimenti: si parla appunto di aspettative omogenee, sebbene nella realtà, non possano essere del tutto identiche.

Queste sono le ipotesi che reggono il CAPM in un ambiente puramente finanziario, dove appunto è stato sviluppato. Ora si devono considerare ulteriori limiti introdotti dalla sua applicazione in un ambito differente ed esporre le motivazioni per cui lo si considera comunque.

Come già detto, questo modello ha origine da valutazioni finanziarie, seppur sotto precise ipotesi, e per questo non si presta teoricamente all'uso nella valutazioni di progetti differenti.

Già guardando la prima ipotesi si può capire come il settore delle energie rinnovabili, pur essendoci la negoziazione del prodotto, non coinvolga comunque un processo equivalente allo scambio di titoli azionari. Proprio per questo il beta assume un significato meno definito rispetto a quello originario.

Questo comporta la difficoltà di individuazione di indici perfettamente sovrapponibili al portafoglio di mercato, anche se si possono utilizzare dei β *unlevered* per le imprese nel settore delle fonti rinnovabili.

Tali β di regressione sono tuttavia basati su dati storici, ma le aziende cambiano nel tempo, perciò questi riflettono le caratteristiche medie delle aziende nel periodo di stima piuttosto che le stesse al loro stato attuale. Nel corso del tempo il β di un'azienda può variare per diversi motivi come il mutamento della leva finanziaria, l'intrapresa di nuove attività di investimento o per una crescita dimensionale.

Quindi si può affermare che esistono poche aziende nelle quali il β di regressione costituisce una buona misura del β riferito al periodo corrente.

Anche la valutazione del rischio del mercato di riferimento può essere difficoltosa. Questo potrebbe essere quantificabile per progetti nell'ambito della produzione e distribuzione dell'energia, in quanto esistono società quotate con bilanci facilmente reperibili. Per altre categorie di progetti, come in ambito culturale o sociale, potrebbe essere difficile trovare dei termini di paragone.

Tuttavia tale metodo si impiega anche nella valutazione di progetti non propriamente inseriti nel mercato azionario, e grazie a questo è possibile stimare il costo del capitale proprio, elemento essenziale per il calcolo del costo medio ponderato del capitale, come si vedrà nel prossimo paragrafo.

La stima del costo del capitale, per i motivi trattati costituisce l'elemento di più difficile stima tra quelli necessari nella valutazione del costo medio ponderato del capitale.

5.6 Il costo medio ponderato del capitale (WACC - Weighted Average Cost of Capital)

Nei capitoli precedenti si è affrontato il processo di valutazione di un progetto: in primo luogo si stimano i flussi di cassa generati dal progetto; poi questi devono essere scontati al costo del capitale del progetto per determinare il VAN. Ovviamente questo schema di base è corretto; è però necessario valutare il costo del capitale appropriato per un progetto di investimento analizzando come le decisioni di finanziamento influenzino sia il costo del capitale che i flussi di cassa che alla fine verranno attualizzati.

Per fare questo si impiega il metodo del costo medio ponderato del capitale (WACC).

Si definisce costo del capitale aziendale il rendimento atteso del portafoglio composto da tutti i titoli emessi dall'impresa; in altre parole, è il rendimento atteso delle attività di un'impresa, cioè quello atteso dagli azionisti se l'impresa non avesse debiti.

Il costo del capitale di un progetto dipende dal suo rischio. Quando il rischio di mercato di un progetto è simile al rischio medio di mercato degli investimenti in essere di un'impresa, allora il suo costo del capitale equivale al costo del capitale di un portafoglio che comprende tutti i titoli dell'azienda. Ovvero, il costo del capitale del progetto è uguale al costo medio ponderato del capitale aziendale (WACC).

La sua formulazione analitica è la seguente:

$$WACC = \frac{E}{E + D} r_E + \frac{D}{E + D} r_D (1 - T_c)$$

Dove :

E = valore di mercato del capitale proprio (*equity*)

D = valore di mercato del debito

r_E = costo del capitale proprio

r_D = costo del debito

T_c = aliquota fiscale del reddito di impresa

Il costo del debito è dato dalla modalità con cui l'impresa ottiene i finanziamenti e dai soggetti che li forniscono.

Questo metodo incorpora il beneficio dello scudo fiscale degli interessi nel costo del debito al netto delle imposte: la presenza delle imposte fa sì che dal reddito imponibile possano essere dedotti gli interessi pagati sul debito contratto dall'impresa, ma non i dividendi sulle azioni. Ne segue che il costo del debito al netto delle imposte è $r_D(1 - T_c)$.

Il ragionamento alla base del WACC è che il costo medio ponderato del capitale sia dato dal rendimento medio che l'impresa deve pagare ai suoi investitori (sia agli azionisti, sia ai detentori di capitale di debito) dopo le imposte. Quindi, per essere redditizio, un progetto dovrebbe generare un rendimento atteso almeno pari al costo medio ponderato del capitale dell'azienda (WACC).

Bisogna aggiungere però che il costo del capitale viene determinato con il modello CAPM, e i limiti di tale metodo si riflettono sulla determinazione del WACC.

5.7 Analisi Monte Carlo

La probabilità che un elemento di costo o di ricavo, la vita utile, oppure la probabilità che il VAN o il TIR di una serie di flussi di cassa assumano un certo valore, vengono in genere interpretate in termini di frequenza relativa sul lungo periodo con cui quei valori si verificano, oppure in termini di una probabilità stimata soggettivamente che essi possano avere luogo. I fattori e gli elementi che producono risultati probabilistici sono detti variabili aleatorie o casuali.

Come discusso nei Capitoli precedenti, una decisione relativa ad un'attività progettuale che richieda competenze ingegneristiche, ha a che fare con una o più alternative. Gli importi del flusso di cassa di ciascuna alternativa spesso sono il risultato di somme, prodotti e quozienti di variabili aleatorie quali i costi di esercizio, i ricavi, le variazioni del capitale ed altri elementi economici. In queste circostanze, le misure di redditività dei flussi di cassa saranno anch'esse delle variabili aleatorie.

Le principali informazioni relative a queste variabili, utili nei processi decisionali, sono il valore atteso e la varianza; quest'ultimo in particolare nella valutazione di progetti alternativi.

Tali parametri vengono utilizzati per evidenziare l'incertezza che caratterizza ogni iniziativa. Di conseguenza, in condizioni di incertezza, le decisioni vengono solitamente prese utilizzando la variabilità degli indicatori economici.

5.7.1 Metodo Monte Carlo

L'attuale sviluppo dei computer e dei relativi pacchetti *software* ha portato ad una maggiore diffusione della simulazione Monte Carlo, quale importante strumento nell'analisi del rischio di un progetto.

Per problemi complessi, la simulazione Monte Carlo riproduce la distribuzione probabilistica di variabili aleatorie, così da imitare la casualità implicita del programma originale.

In questo modo, dalla distribuzione statistica dei risultati delle simulazioni è possibile trarre indicazioni per la soluzione di problemi decisionali complessi.

Per condurre un'analisi di simulazione, il primo passo consiste nel costruire un modello analitico che rappresenti la reale situazione decisionale. Ciò può essere relativamente semplice, come formulare un'equazione che esprime il VAN relativo al progetto di un componente per una catena di montaggio, oppure molto più complesso come esaminare gli effetti economici di una proposta di regolamentazione ambientale destinata alle industrie pesanti.

Il secondo passo prevede di ricostruire la distribuzione di probabilità di ciascuna variabile aleatoria del modello, sulla base di dati soggettivi o storici. Si passa così a generare in modo casuale un insieme di valori d'ingresso del modello a partire dalla distribuzione di probabilità di ogni variabile aleatoria, e questo insieme viene in seguito utilizzato per determinare il risultato di una simulazione del modello.

Dalla ripetizione di questo processo di simulazione per un elevato numero di volte, è possibile ottenere una serie di risultati dei vari esperimenti (espressi tramite i valori assunti dall'indicatore economico prescelto). Questi risultati possono essere impiegati per ricostruire le frequenze di uscita dei possibili valori dell'indicatore economico, che a loro volta possono essere utilizzate per rappresentare la densità di probabilità dell'indicatore, ed ottenere così una descrizione statistica completa, sebbene approssimata, del problema in esame.

Come accennato, la simulazione Monte Carlo risulta particolarmente utile nel caso di problemi decisionali complessi comprendenti variabili aleatorie. Questo accade quando, tra i fattori che descrivono il problema, vi siano numerose variabili aleatorie, sia discrete che continue, che possono anche essere dipendenti o legate l'una all'altra. In tutti questi casi, quasi mai sono utilizzabili procedimenti analitici che permettano di ricavare le descrizioni statistiche delle variabili di uscita a partire da quelle d'ingresso.

Un elemento chiave del procedimento di simulazione Monte Carlo riguarda la generazione di una successione di valori delle variabili di ingresso che ne riproduca in modo sufficientemente accurato l'andamento probabilistico. Il procedimento per realizzare ciò varia da caso a caso.

Si supponga per esempio, che la distribuzione di probabilità della vita utile del componente di un macchinario sia stimata come riportato in Tabella 5.7.1.1. In tal caso si ha a che fare con una variabile aleatoria discreta. La vita utile può dunque essere simulata stabilendo che, ad ogni valore che essa può assumere, corrisponda un insieme di numeri casuali uniformemente distribuiti¹⁶ scelto in modo tale da riprodurre le rispettive probabilità di accadimento previste.

Considerando che le probabilità sono espresse con numeri a due cifre, è possibile assegnare ad ogni risultato un insieme di numeri interi casuali tra 0 e 99, come riportato in Tabella 5.7.1.1. Successivamente, si simula il verificarsi di un evento scegliendo un numero casualmente con un appropriato procedimento. Come indicato in Tabella 5.7.1.1, si decide per esempio che all'estrazione di un numero compreso tra 00 e 19 venga associata una vita utile di tre anni.

Tabella 5.7.1.1 - Distribuzione di probabilità della vita utile ed assegnazione di numeri casuali.

Numero di anni, N (valori possibili)	p(N) ($\sum p(N) = 100$)	Numeri casuali
3	0.20	00-19
5	0.40	20-59
7	0.25	60-84
10	0.15	85-99

Se le variabili aleatorie sono di altro tipo, ed in particolare sono continue con una data distribuzione di probabilità, l'approccio da seguire è differente.

Per esempio, se la distribuzione di probabilità che descrive una variabile aleatoria di ingresso è normale, in questo caso l'estrazione casuale si basa sulla media e sulla deviazione standard della distribuzione di probabilità, e su osservazioni estratte da una distribuzione normale standard (*Random Normal Deviates*, RND), che consistono in una serie di numeri casuali tratti da una distribuzione normale con media nulla e deviazione standard unitaria. Un elenco ridotto di RND tipiche viene riportato in Tabella 5.7.1.2. Nel caso di variabili aleatorie normalmente distribuite il valore assegnato casualmente alla variabile di ingresso per un esperimento (valore estratto) si basa sull'equazione seguente:

$$\text{Valore estratto} = \text{media} + [\text{RND} \cdot \text{deviazione standard}]$$

Per esempio, si supponga che un certo flusso di cassa annuale netto segua una distribuzione normale, con una media μ di € 50.000 ed una deviazione standard σ di € 10.000, come illustrato in Figura 5.7.1.1.

In Tabella 5.7.1.3 sono elencati i flussi di cassa simulati su un periodo di cinque anni. Mediamente il flusso di cassa netto annuo ammonta ad € 248.850/5, pari a €49.770. Questo valore approssima la media nota di € 50.000 con un errore dello 0,46%.

¹⁶ I numeri casuali uniformemente distribuiti sono tali che ciascun numero ha la stessa probabilità di essere estratto.

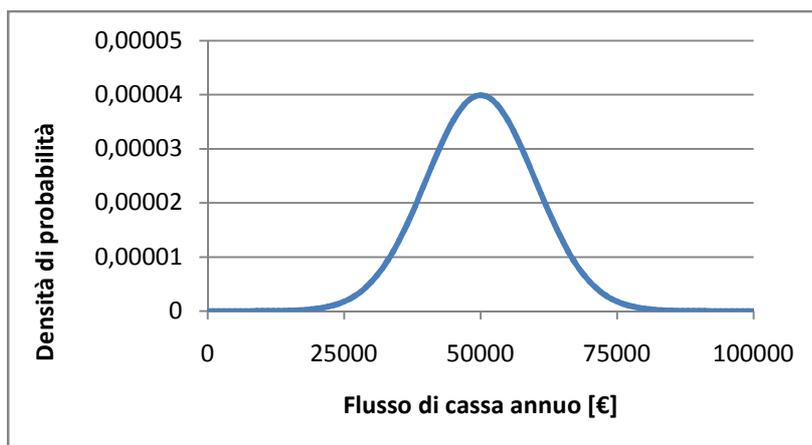


Figura 5.7.1.1 - Flusso di cassa annuo con una distribuzione normale.

Tabella 5.7.1.2 - Osservazioni estratte da una distribuzione normale standard (RND).

-1.565	0.690	-1.724	0.705	0.090
0.062	-0.072	0.778	-1.431	0.240
0.183	-1.012	-0.844	-0.227	-0.448
-0.506	2.105	0.983	0.008	0.295
1.613	-0.225	0.111	-0.642	-0.292

Tabella 5.7.1.3 - Esempio di utilizzo della RND.

Anno	RND	Flusso di cassa netto annuo [50.000 + RND(10.000)]
1	0.090	50.900
2	0.240	52.400
3	-0.448	45.520
4	0.295	52.950
5	-0.292	47.080

Altre distribuzioni continue prevedono procedimenti di estrazione diversi. Se la distribuzione di probabilità che descrive un evento associato ad una data variabile di ingresso è continua e uniformemente distribuita tra un valore minimo A ed un valore massimo B, si può seguire un'altra procedura ancora per l'estrazione casuale del valore a tale variabile. In quest'ultimo caso, il valore usato nella simulazione può essere determinato attraverso la formula:

$$\text{Valore estratto} = A + \frac{RN}{RN_m} [B - A]$$

Dove RN è un numero casuale uniformemente distribuito tra 0 e RN_m. Questa equazione va usata quando la variabile aleatoria di ingresso è sicuramente compresa tra un valore minimo A e massimo B, e si ritiene che ciascun valore all'interno dell'intervallo possa essere assunto equiprobabile (ovvero non si è in grado di fare ipotesi diverse).

Per esempio, si supponga che il valore di recupero nell'anno N risulti uniformemente e continuamente distribuito fra € 8.000 ed € 12.000. Estraendo in modo casuale il numero 74 entro un intervallo tra 0 e 99, il valore di questa variabile aleatoria verrebbe generato nel modo che segue:

$$\text{Valore estratto} = 8.000 + \frac{74}{99}(12.000 - 8.000) = € 10.990$$

Un uso corretto di questi metodi, unitamente a un modello accurato, permetterà di ottenere un insieme simulato di valori della variabile di uscita.

In generale, quanto maggiore è il numero dei simulazioni effettuate tanto più accurate risulteranno le approssimazioni di media e deviazione standard e, in generale, di tutte le caratteristiche che descrivono la variabile aleatoria in uscita.

Un metodo per determinare se è stato condotto un numero sufficiente di simulazioni consiste nel produrre un grafico della media dei risultati ottenuti al procedere delle simulazioni. All'inizio, la media varierà considerevolmente da una simulazione alla successiva. Con l'aumentare del numero di simulazioni, la differenza fra medie consecutive dovrebbe diminuire. Infine, la media dovrebbe stabilizzarsi (convergere) verso un'approssimazione che potrà essere considerata sufficientemente accurata.

5.7.2 Esempio analisi di un progetto tramite simulazione Monte Carlo

Dato che questo metodo non verrà applicato all'impianto che sarà presentato nei Capitoli successivi, ed avendolo per questo trattato in maniera meno complessa rispetto alla sua reale struttura, si ritiene opportuno inserire un esempio numerico che aiuti a migliorare la comprensione del procedimento seguito dalle iterazioni del metodo Monte Carlo.

Le stime che seguono si riferiscono ad un progetto di ingegneria che una grande azienda produttrice di condizionatori d'aria sta valutando. Sono state stimate delle funzioni di probabilità per le quattro variabili aleatorie indipendenti, nel seguente modo.

- Investimento iniziale: segue una distribuzione normale con una media di € 50.000 ed una deviazione standard di € 1.000.
- Vita utile: segue una distribuzione uniforme e continua con una vita minima di 10 anni ed una massima di 14 anni.
- Ricavi annui:
 - € 35.000 con probabilità di 0,4;
 - € 40.000 con probabilità di 0,5;
 - € 45.000 con probabilità di 0,1;
- Costi annui: seguono una distribuzione normale con una media di € 30.000 ed una deviazione standard di € 2.000.

Il management aziendale desidera determinare se l'investimento nel progetto produrrà profitti o meno. Il tasso di interesse è del 10% l'anno. Al fine di rispondere a questa domanda, viene simulato il VAN dell'investimento.

Per illustrare la procedura di simulazione Monte Carlo, in Tabella 5.7.2.1 vengono calcolati manualmente i risultati di cinque simulazioni. La stima del valore attuale medio in base a questo campione particolarmente piccolo è pari a $19.010/5 = € 3.802$. Per ottenere risultati più accurati, bisognerebbe ripetere la procedura centinaia o migliaia di volte.

Tabella 5.7.2.1 - Simulazione Monte Carlo del VAN funzione di quattro variabili indipendenti.

Simulazione	RND ₁	Investimento iniziale, [50.000+RND ₁ ·1.000]	Numeri casuali (RN) a tre cifre	Vita del progetto, N [10+ $\frac{RN}{999}(14-10)$]	Vita del progetto, N (numero intero più atteso)
1	-1.003	48.997	807	13.23	13
2	-0.358	49642	657	12.63	13
3	+1.294	51294	488	11.95	12
4	-0.019	49.981	282	11.13	11
5	+0.147	50.147	504	12.02	12
	Numero casuale (RN) a una cifra	Ricavi annui, R 35.000 da 0 a 3 40.000 da 4 a 8 45.000 per 9	RND ₂	Costi annui, E [30.000+RND ₂ ·2.000]	VAN= $-\frac{I}{(1+0.1)^N} + \frac{(R-E)}{(1+0.1)^N}$
1	2	35.000	-0.036	29.928	-12.969
2	0	35.000	+0.605	31.210	-22.720
3	4	40.000	+1.470	32.940	-3.189
4	9	45.000	+1.864	33.728	+23.232
5	8	40.000	-1.223	27.554	+34.656
					Media +€19.010

Le applicazioni del metodo di simulazione Monte Carlo per analizzare l'incertezza sono tante e di vari tipi. Tuttavia, i risultati non possono essere più accurati del modello e delle stime probabilistiche utilizzati. In tutti i casi, la procedura e le regole sono le stesse:

- studio del problema e sviluppo del modello;
- valutazione accurata delle probabilità in questione;
- estrazione casuale appropriata delle variabili in ingresso, come richiesto dalla procedura di simulazione;
- calcolo ed analisi dei risultati.

Inoltre è sempre opportuno condurre un numero sufficientemente elevato di simulazioni, al fine di ridurre l'errore di stima ad un livello accettabile.

5.7.3 Considerazioni sull'impiego del metodo Monte Carlo

Da una comunque limitata conoscenza del metodo, basata sull'apprendimento delle sue principali caratteristiche, si vuole ora trarre qualche considerazione riguardo ai suoi campi di impiego, intersecando quanto appreso con ciò che caratterizza alcuni settori degli investimenti.

Il metodo Monte Carlo costituisce un'importante strumento nell'analisi del rischio. Esso trova applicazione in svariati settori nei quali il fattore rischio assume una posizione determinante, come nell'analisi di certi accadimenti naturali qualora possano provocare danni e pericoli in aree geografiche particolarmente esposte, nell'analisi matematica, nello studio delle conseguenze di determinate scelte in ambito socio-politico.

Ogni scelta effettuata porta a delle conseguenze che non possono mai essere note a priori e con certezza assoluta; questa caratteristica fa sì che il metodo si presti all'applicazione in molti settori strategici, come lo è quello degli investimenti. Gli investimenti nel mercato finanziario devono il loro successo o meno al fatto che determinati fattori finanziari assumano nel tempo gli andamenti desiderati. Trattandosi di previsioni, la certezza non può essere totale. Le variabili che partecipano alla realizzazione di uno scenario favorevole o meno sono estremamente numerose, e il tutto può essere complicato dal fatto che queste siano correlate secondo determinate relazioni.

Queste concomitanze rendono estremamente difficile lo sviluppo di un'analisi corretta senza avere a disposizione supporti numerici e statistici; cioè fidarsi dell'intuito o delle percezioni, ma anche delle convinzioni personali, è estremamente difficile quando il progetto rischioso sotto analisi si complica.

Basarsi su metodi statistici potrebbe non essere ancora sufficiente, vista la vastità dei problemi, se non ci fosse la possibilità di operare per via numerica tramite un calcolatore, in quanto l'attività umana ha comunque dei limiti, si pensi anche soltanto a quelli temporali, che non renderebbero tali metodi nella pratica applicabili.

Quindi, in ambiti complessi e nei quali le restrizioni di base sono poche, si ritiene che l'utilizzo del metodo Monte Carlo sia uno strumento essenziale, ma in settori in cui i vincoli sono più forti almeno nei periodi di interesse, tale metodo incontra delle limitazioni che in altri ambienti non riscontrerebbe.

Poiché le conseguenze delle decisioni si estendono nel tempo, nozioni di statistica e del calcolo delle probabilità si rivelano essenziali in certe applicazioni, e questo avviene anche nell'ampio campo dell'economia applicata all'ingegneria. In questo ambito si affrontano normalmente questioni inerenti al fatto che i dati relativi ad un progetto o ad alternative progettuali non possano essere noti con certezza. Si pensa allora di rappresentare i flussi di cassa, la vita del progetto ed altre variabili, con delle distribuzioni di probabilità che rispecchino quanto più possibile la realtà. Anche in questo caso è vero che il metodo in considerazione costituisce uno strumento essenziale per indirizzare il decisore a prendere delle scelte statisticamente logiche, però si ritiene che ogni progetto debba essere considerato attentamente prima di affidarsi a metodi di valutazione che differiscono da quelli tradizionali precedentemente trattati.

E' necessario conoscere bene, non soltanto il progetto in sé, ma anche le condizioni ambientali che circondano il progetto stesso.

Come è vero che in ambito finanziario le variabili che descrivono l'ambiente in cui si opera sono molteplici e dipendenti anche da circostanze non limitate dai confini nazionali, è anche vero che in altri settori gli aspetti rilevanti possono essere quantitativamente minori. Se poi si opera in contesti in cui, anche periodicamente, vengono fissate delle regole tramite provvedimenti normativi o altro, l'incidenza della loro variabilità si riduce ulteriormente.

Nel settore dell'energia, se ci limitiamo inizialmente al campo delle energie tradizionali, il costo dell'elettricità dipende fortemente dal costo del combustibile (e questa dipendenza è tanto maggiore tanto minore è il costo d'investimento iniziale richiesto dalla tecnologia).

In queste applicazioni, in particolare in situazioni caratterizzate da forte volatilità dei prezzi del combustibile, potrebbe essere molto interessante riuscire a prevedere quale sia lo scenario con maggior probabilità di accadimento, e le entità dei possibili scostamenti da esso. Rimane sempre però

il problema che le variabili che provocano la variazione dei parametri considerati rilevanti (come il prezzo del combustibile), devono essere rappresentate loro stesse in modo statistico; per cui, per ottenere risultati statistici finali coerenti con la realtà, le stesse variabili in ingresso devono trovare una forma di definizione appropriata.

Nello specifico settore delle energie rinnovabili, i provvedimenti vigenti periodo per periodo, assicurano le remunerazioni previste in funzione della produttività nell'arco della vita dell'impianto costruito nel periodo in cui la normativa vige. C'è tuttavia la possibilità che avvengano cambiamenti normativi; questi però tipicamente avvengono in modo graduale attraverso periodi di transizione con l'obiettivo di garantire, per quanto possibile, gli investimenti in corso d'opera.

Almeno finché non viene raggiunta la *grid parity*, essendo l'aspetto normativo il fattore di maggiore rilevanza per lo sviluppo del settore, avrebbe senso considerare le possibili variazioni delle stesse. Però in questo caso l'obiettivo dell'analisi non si ridurrebbe alla valutazione del singolo investimento, ma piuttosto fornirebbe risultati utili per fare considerazioni sull'evoluzione nel tempo del settore. Questo in quanto, nel breve periodo, lo stimolo ad operare in investimenti dipende essenzialmente dalla normativa vigente.

Proseguendo sempre più nello specifico, anche le varie fonti rinnovabili hanno caratteristiche diverse, che possono prestarsi o meno all'utilizzo di metodi statistici piuttosto che tradizionali.

La variabilità del prezzo o della disponibilità della fonte, come avviene in impianti a biomassa o idroelettrici, possono assumere una forte rilevanza.

Tuttavia, nella tecnologia a biomasse il "combustibile" è generalmente in parte costituito da scarti di produzione o da rifiuti organici che potrebbero limitare l'incidenza di queste variazioni. Comunque viene effettuata una stima dei prezzi futuri delle sostanze organiche acquistate dal mercato, ma sulla base di considerazioni specifiche legate alle transizioni della risorsa, più logiche e semplici rispetto ad una ben più complicata analisi probabilistica.

Nella tecnologia idroelettrica, invece, la risorsa è gratuita ed è disponibile o meno a seconda degli andamenti stagionali dei corsi d'acqua. Però, anche in questo caso, piuttosto che basarsi su un'analisi statistica introducendo variabili aleatorie che riproducano i complessi fenomeni naturali coinvolti, risulta essere più opportuno e pratico fare affidamento sui dati storici rilevati periodicamente dalle stazioni idrometriche di competenza.

Il settore del fotovoltaico, analogamente all'idroelettrico, ha una disponibilità di fonte aleatoria; tuttavia anche in questo caso non si ritiene opportuno investire energie lavorative per realizzare modelli e variabili statistiche che descrivano il fenomeno che rende disponibile la fonte. Sarebbe complesso, dispendioso e comunque approssimato. E' più logico affidarsi ai dati storici dell'irraggiamento medio associato all'area specifica e da questi fare le opportune considerazioni.

Un ragionamento analogo si può fare per la produzione di energia da fonte eolica; la variabilità della risorsa viene valutata prima della fase di progetto e generalmente stimata sulla base di studi specifici e mappe dei venti.

E' anche vero che sarebbe possibile utilizzare un approccio statistico per valutare la possibilità di danneggiamento dell'impianto o di altri accadimenti dannosi che influenzino la produttività dello stesso, ma evidentemente, nella pratica si conosce il grado di sviluppo della tecnologia che si andrà ad utilizzare e, se si ritiene opportuno intraprendere l'investimento, significa che il grado di affidabilità è sufficientemente alto, comunque prevenendo gli oneri economici associati a regolari interventi di manutenzione per mantenerlo tale, e ad una certa quota di imprevisti.

Il metodo Monte Carlo si potrebbe applicare per osservare come varia l'indicatore economico di interesse al variare di una grandezza, ad esempio la disponibilità della fonte, entro un range limitato da un valore massimo e da un valore minimo della stessa. Se poi però si decide seguire un approccio cautelativo sarebbe stato sufficiente considerare un'analisi tradizionale nella peggiore delle ipotesi. Se invece si seguisse un approccio basato sul valore atteso dell'indicatore (valore medio della distribuzione ottenuta), se le distribuzioni in ingresso sono state realizzate in maniera corretta, si

dovrebbero ottenere risultati coerenti con quelli che si otterrebbero da una valutazione tradizionale considerando il valore atteso della grandezza, coerentemente valutato.

Quindi, si ritiene che anche i metodi tradizionali, se applicati con dati di input ottenuti mediante un procedimento di valutazione idoneo alla grandezza che si sta considerando, contengano, seppur in modo implicito, valori presumibilmente attesi, analogamente con quanto accade considerando una distribuzione di probabilità. Le informazioni aggiuntive che il metodo Monte Carlo fornisce sono la variabilità dal valore atteso e l'entità delle variazioni; in certi ambiti (per esempio quello finanziario) il decisore potrebbe essere interessato proprio a queste grandezze.

In conclusione si ritiene che un approccio basato sul metodo Monte Carlo sia utilissimo in condizioni di complessità strutturale del mercato in cui si opera, ma in settori altrettanto complessi ma più regolamentati, l'energia ed il tempo necessari per strutturare un modello di simulazione (comunque approssimato), non giustifichino, agli occhi degli investitori e degli analisti, le maggiori informazioni che questo potrebbe portare rispetto ai criteri di valutazione tradizionali, e pertanto si ritiene che per questi motivi non venga nella pratica usualmente utilizzato nelle analisi economiche nel settore delle energie rinnovabili.

6. ASPETTI INNOVATIVI NELLA VALUTAZIONE DEGLI INVESTIMENTI INDUSTRIALI

In questo capitolo si andrà ad inquadrare ciò a cui si fa riferimento quando si parla di aspetti innovativi in ambito di investimenti. Per capirne il concetto e le motivazioni che spingono a vedere gli investimenti secondo quest'ottica richiede di partire dal concetto basilare di opzione finanziaria, per poi arrivare all'opzione reale. Si ritiene quindi opportuno dedicare un Capitolo a quest'argomento per esprimere in modo esauriente alcuni concetti che, tuttavia, non trovano ancora un vero e proprio impiego nell'attività pratica della valutazione.

Il termine "innovativo", come si capirà nel seguito della trattazione, fa riferimento al fatto che, rispetto ai metodi tradizionali di valutazione, l'obiettivo è quello di valorizzare economicamente le caratteristiche strategiche degli investimenti.

6.1 Considerazioni strategiche nella valutazione degli investimenti

Ogni investimento possiede un più o meno rilevante contenuto strategico che non dovrebbe essere trascurato nella valutazione di convenienza che viene condotta sul progetto da parte del management.

L'ipotesi che sta alla base delle prossime considerazioni è che, nelle attuali condizioni di dinamismo dell'ambiente, non sia più possibile considerare immutate le modalità di valutazione degli investimenti e, conseguentemente, applicare alle problematiche di gestione gli stessi principi seguiti quando i vincoli esterni ed i fattori strutturali si caratterizzavano per livelli di complessità minore rispetto a quelli odierni.

I principi classici, come quelli di standardizzazione e specializzazione delle operazioni, sono stati soppiantati dall'esigenza di rispondere ad un mutamento esterno, intenso e più difficilmente prevedibile. Di conseguenza, nell'azienda come in tutti gli altri campi di investimenti, si dovrebbe introdurre un metodo nuovo di esame dei problemi, che indirizzi alla ricerca di soluzioni con minori gradi di vincolo per il futuro.

I mutamenti nell'ambiente e nella filosofia di gestione delle imprese, oltretutto nelle loro modalità operative, richiedono agli imprenditori e ai manager aziendali di pensare in termini strategici, cioè di osservare ed analizzare costantemente i vari fenomeni interni ed esterni all'impresa con spirito critico al fine di verificare se ricorrano o meno le condizioni di cambiamento dallo stato attuale.

Le scelte precedentemente assunte sulla base delle informazioni disponibili ed acquisibili da parte dell'impresa nel momento in cui è stato sviluppato il processo decisionale non costituiscono un elemento immodificabile del cammino aziendale, bensì rappresentano il percorso giudicato dal vertice più opportuno per l'impresa qualora le condizioni dell'ambiente esterno e le percezioni che di quest'ultimo vengono avvertite a livello imprenditoriale, si mantengano stabili o, quantomeno, presentino una situazione evolutiva coerente con quella prevista in fase di analisi.

I mutamenti che sono intervenuti nel corso degli ultimi decenni, sia livello socio-economico che nell'organizzazione delle produzioni e dei mercati, hanno tuttavia reso sempre più complessa la previsione dei fenomeni futuri con la conseguente necessità di rendere meno rigide e vincolanti le scelte gestionali, in particolare quelle ad un orizzonte temporale più esteso. Proprio in quest'ultimo campo di attività si è manifestata un'evoluzione di pensiero che ha messo in crisi la tradizionale pianificazione strategica di tipo formale per fare spazio ai concetti relativamente nuovi di gradualità, apprendimento, innovazione e flessibilità.

La strategia, definendo i rapporti con l'ambiente, viene formulata attraverso un processo graduale che assegna all'azione un ruolo fondamentale potendosi, mediante le attività operative, sperimentare ed apprendere sul campo, scoprire l'esistenza di relazioni con l'ambiente prima imprevedibili o non precodificabili che portano ad un'evoluzione del disegno strategico in precedenza costruito.

L'applicazione di tali concetti ha addirittura spinto qualche studioso a parlare di strategia *just in time*, per segnalare l'esigenza di dare risposte immediate, anche improvvisate, ad eventi reali provenienti dall'ambiente.

Tale termine è stato utilizzato da Weick¹⁷ per definire una strategia che richieda un minore investimento ad *hoc* (finalizzato per un certo obiettivo) ed un maggiore investimento in conoscenze generali e nella formazione di un vasto patrimonio di abilità, quali la capacità di analizzare rapidamente una situazione, di intuire la soluzione di un problema e di ripianare eventuali perdite.

Una simile evoluzione di pensiero ha prodotto un'importante conseguenza a livello di investimenti: ogni progetto presenta, in maniera più o meno esplicita, un contenuto strategico, essendo al tempo stesso una parte componente della strategia (aspetto attuativo) ed un elemento attraverso il quale si può prevenire ad una sua costruzione, ad una verifica o ad un cambiamento (aspetto formativo). Questa capacità di sviluppare o di modificare il progetto strategico o la formula imprenditoriale che sottostà ad esso va opportunamente valutata essendo sì presente in ciascun investimento, ma in dosi e modalità differenti tra loro.

A tal fine, secondo molti economisti, sembra essere necessario mettere a punto nuovi strumenti teorici in grado di apprezzare il valore della flessibilità, integrando la metodologia tradizionale con modelli che consentano di valutare, in modo meno approssimativo possibile, le diverse opzioni strategiche connesse ad un particolare progetto di investimento.

Un significativo contributo in tal senso può provenire dalla teoria delle opzioni, della quale solo negli ultimi decenni si stanno verificando le potenzialità operative nel campo degli investimenti reali.

¹⁷ Weick K., “*I sostituti della strategia d'impresa*”, in D.J. Teece, “*La sfida competitiva. Strategie per l'innovazione*”, McGraw-Hill, 1989.

6.2 Le opzioni finanziarie

Poiché l'applicabilità del metodo delle opzioni alla valutazione dei progetti di investimento poggia sulla possibilità di stabilire un'analogia fra opzioni finanziarie ed opzioni su attività reali, è opportuno richiamare sinteticamente i principi di valutazione di un'opzione su attività finanziarie, soffermandosi in particolare su quelle caratteristiche che possono essere trasferite alla valutazione delle opzioni su attività reali.

Nei mercati finanziari un contratto di opzione riconosce al sottoscrittore il diritto di acquisire o vendere, ad un prezzo prestabilito (prezzo di esercizio dell'opzione), una data quantità di valori mobiliari, valuta o materie prime.

Il bene oggetto del contratto di opzione si definisce *underlying asset* o bene di riferimento. Qualora l'operazione oggetto del contratto consista in un acquisto, l'opzione sarà di tipo *call*; nel caso, invece, l'operazione da effettuare entro la scadenza dell'opzione sia una vendita, si parlerà di opzione *put*.

La differenza fra un contratto di opzione ed un normale contratto a termine risiede nel fatto che il titolare dell'opzione ha la facoltà ma non l'obbligo di dare luogo alla transizione; nel contratto a termine si verifica solo la posticipazione di prestazione e controprestazione cui entrambi i contraenti sono, in ogni caso, tenuti.

In tal senso il contratto a termine è un contratto simmetrico, essendo entrambi i contraenti esposti al rischio di variazioni nel valore di mercato del bene di riferimento rispetto al prezzo a termine convenuto. Viceversa, il detentore di un'opzione *call* potrà decidere, sulla base dell'andamento del mercato, se esercitare l'opzione, acquistando il bene di riferimento al prezzo di esercizio, o se abbandonarla, quando l'acquisto del bene di riferimento possa essere effettuato ad un costo minore direttamente sul mercato.

Allo stesso modo, il titolare di una *put option* potrà esercitare l'opzione e vendere il bene di riferimento al prezzo di esercizio se quest'ultimo è maggiore rispetto al valore corrente di mercato o, in alternativa, abbandonare il contratto e vendere liberamente al prezzo di mercato qualora ci si trovi nella situazione inversa.

Le opzioni possono essere di due tipi: si dice opzione "di tipo americano" quel contratto in cui la facoltà di acquisto o di vendita può essere esercitata in qualsiasi momento fino alla scadenza del contratto. Si definisce, invece, opzione "di tipo europeo", quel contratto che può essere esercitato solo alla scadenza.

In ogni caso le opzioni sono contratti asimmetrici; esiste infatti, un'evidente sproporzione in termini di rischio e di rendimento atteso fra il sottoscrittore e il venditore dell'opzione. Il primo potrà beneficiare dei risultati di un andamento favorevole del mercato del bene di riferimento senza essere esposto alle fluttuazioni negative. Il secondo sarà esposto all'andamento sfavorevole del mercato senza poter beneficiare di un eventuale andamento favorevole.

E' quindi necessario che il contratto di opzione abbia un suo preciso costo per il sottoscrittore, tale da compensare i rischi assunti dal venditore; tale valore viene espresso in termini di premio che il sottoscrittore paga al venditore.

Il premio dei contratti di opzione si forma su appositi mercati organizzati dove sono scambiate, con una certa continuità, contratti standardizzati di opzione su titoli, valute e materie prime.

Il prezzo teorico di un'opzione, prima della scadenza, può essere calcolato mediante il ricorso all'*Option Pricing Model* (OPM), ossia al modello messo a punto da Black e Scholes¹⁸ nel corso degli anni settanta per la valutazione dei contratti di opzione.

¹⁸ Black F, Scholes M. "The pricing of options and corporate liabilities". The Journal of Political Economy, 1973.

La formula di valutazione delle opzioni, elaborata da Black e Scholes, è riportata di seguito:

$$\text{Valore di una call option} = PN(d_1) - E \times e^{-rt} \times N(d_2)$$

Dove:

$$d_1 = \frac{\log(P/E) + rt + s^2 t/2}{s\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\log(P/E) + rt - s^2 t/2}{s\sqrt{t}}$$

$N(d)$ = funzione di densità di probabilità cumulata normale

E = prezzo di esercizio;

t = durata dell'opzione;

P = prezzo corrente dell'*underlying asset*;

s = scarto quadratico medio per periodo degli incrementi o decrementi di valore dell' *underlying asset*;

r = tasso di rendimento per attività prive di rischio (capitalizzato nel continuo).

Secondo tale modello, il prezzo di un contratto di opzione è una funzione crescente del prezzo del bene di riferimento, del tasso di interesse¹⁹, dell'intervallo temporale fra il momento della valutazione e la scadenza dell'opzione e, soprattutto, della volatilità del valore del bene di riferimento rappresentata da s .

Ai fini della spiegazione, più che approfondire soffermandosi sulla trattazione matematica alquanto complessa del modello, risulta più interessante fare alcune considerazioni logiche sul valore di un contratto d'opzione.

La Figura 6.2.1 illustra il valore di un'opzione *call* al variare del prezzo del bene di riferimento.

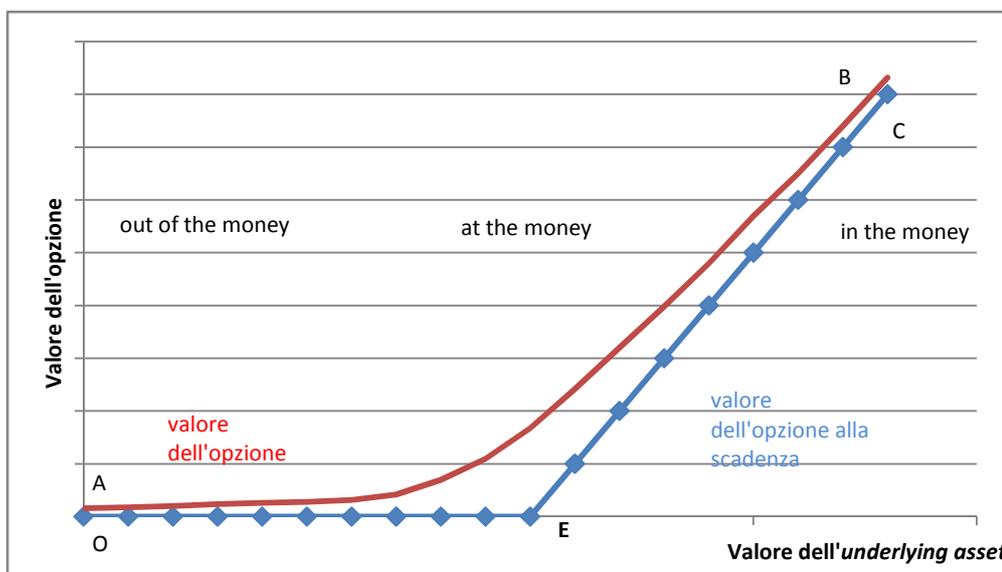


Figura 6.2.1 - Dinamica del valore di un'opzione *call*.

¹⁹ Questo è vero in quei casi in cui il valore del bene di riferimento non sia direttamente correlato al tasso di interesse. Diversamente il rapporto fra livello del tasso di interesse e valore dell'opzione diviene più complesso, come nel caso dei contratti di opzione sui titoli di Stato.

Un'opzione *call* si definisce:

- *At the money* quando il prezzo di esercizio è uguale al prezzo corrente del bene di riferimento;
- *Out of the money* se il prezzo di esercizio è maggiore del prezzo corrente del bene di riferimento;
- *In the money* quando il prezzo di esercizio è minore del prezzo corrente del bene di riferimento.

Ad un'analisi più approfondita, il valore di un contratto di opzione risulta essere scindibile in due componenti essenziali: il valore intrinseco e il premio per la volatilità.

Il valore intrinseco per un'opzione *call* è dato dalla differenza fra il valore corrente di mercato del bene di riferimento ed il prezzo di esercizio.

Ciò equivale a dire che il valore intrinseco è determinato dal valore che l'opzione avrebbe se fosse esercitata immediatamente. Poiché è evidente che il valore di un'opzione non potrà mai essere negativo, il valore intrinseco sarà pari a zero nel caso in cui l'opzione si *out of the money* o *at the money*.

Il premio per la volatilità è invece legato alla probabilità che l'opzione scada *in the money*. Pertanto la sua entità varia in funzione della durata residua del contratto, della variabilità del valore del bene di riferimento e della differenza, in termini assoluti, fra il valore di mercato del bene di riferimento ed il prezzo di esercizio dell'opzione.

In sintesi, maggiore è l'incertezza sulla possibilità che l'opzione risulti *in the money*, più elevato sarà il valore della volatilità.

Nella Figura 6.2.1 è illustrato il valore di un'opzione alla scadenza e la dinamica del suo prezzo teorico al variare del valore del bene di riferimento.

La linea spezzata OEC rappresenta il valore dell'opzione alla scadenza, ossia la differenza fra il valore del bene di riferimento ed il prezzo di esercizio in tutti i casi in cui il primo sia maggiore del secondo; quando questo non si verifica, il valore dell'opzione alla scadenza, non essendo questa profittevolmente esercitabile, sarà pari a zero.

La curva AB rappresenta il valore dell'opzione prima della scadenza; esso, a parità di valore del bene di riferimento, è sempre maggiore rispetto al valore dell'opzione alla scadenza. Inoltre, come si nota dall'andamento curvilineo del prezzo teorico, il premio per la volatilità è massimo quando il valore del bene di riferimento è prossimo al prezzo di esercizio (tecnicamente quando l'opzione è *at the money*); viceversa è trascurabile quando il valore del bene di riferimento è di molto superiore o inferiore al prezzo di esercizio (in tal caso si dice che l'opzione è *deeply out of the money* o *deeply in the money*).

Tralasciando la rigorosa dimostrazione teorica, l'andamento della curva AB può anche essere interpretato intuitivamente. Infatti, nel caso di un'opzione *deeply out of the money* è considerevolmente alta la probabilità che questa non sarà, alla scadenza, convenientemente esercitabile, pertanto il suo valore sarà nullo o quasi nullo. Nel caso di un'opzione *deeply in the money*, è quasi certo che questa sarà profittevolmente esercitata; dunque il suo valore incorpora interamente il valore intrinseco laddove il premio per la volatilità si riduce al minimo, vista la quasi certezza che l'opzione scadrà *in the money*.

Dalla Figura 6.2.1 si può inoltre notare che, quando il bene di riferimento ha valore pari a zero, anche l'opzione ha valore nullo. Infatti, è ragionevole ipotizzare che se un bene oggi non ha alcun valore, esso continuerà a non averlo anche in futuro: se vi fosse anche la minima possibilità che possa, in futuro, avere qualche valore, ci sarebbe sicuramente qualcuno disposto a riconoscergli un minimo valore anche al presente.

Viceversa, quando il valore del bene è di molto superiore al prezzo di esercizio, il valore dell'opzione sarà pari al valore intrinseco dell'opzione più il valore attuale del prezzo di esercizio.

Infatti, data l'alta probabilità che l'opzione sia esercitata, l'unica differenza fra l'acquisto immediato e l'acquisto di una *call option* risiede nel fatto che l'opzione consente di differire il pagamento di una parte del prezzo, e precisamente la differenza fra il valore odierno del bene ed il prezzo di esercizio dell'opzione; pertanto, il differenziale costante fra il valore dell'opzione e quello del bene di riferimento è dato dal costo opportunità della dilazione nel pagamento del prezzo di esercizio²⁰.

In ultima analisi, le considerazioni fin qui svolte sul valore delle opzioni possono dimostrare come il vero oggetto di scambio sottostante ad un contratto di opzione sia la volatilità: ossia il rischio.

Chi acquista un'opzione cede rischio, come accade in un normale contratto di assicurazione. Valutare un'opzione significa, pertanto, apprezzare il valore che in un determinato contesto, definito in base ai parametri del modello di valutazione, assume il rischio. Partendo da quest'ultima considerazione si può, dunque, cercare di estendere l'area di applicazione dell'*option pricing model* al campo degli investimenti reali.

²⁰ Il discorso si presenta in maniera diversa quando il bene di riferimento è costituito da azioni che, nel corso della vita dell'opzione, potrebbero maturare il diritto ad un dividendo. Infatti, mentre il titolare di un'azione ha diritto a percepire i relativi dividendi, lo stesso non accade per il titolare di un contratto di opzione sullo stesso titolo azionario.

6.3 Le opzioni nei progetti di investimento industriali

L'attività associata ad un investimento industriale può essere analizzata scomponendola in un numero definito di opzioni. Oltre ai ritorni diretti connessi con l'investimento base, accade spesso infatti che con il progetto considerato si aprano ulteriori opportunità che possono dare luogo a nuovi successivi investimenti o ad una riduzione del rischio complessivo della proposta originaria.

Queste possibilità consentono di creare valore all'impresa, attraverso un'amplificazione dei risultati positivi o una mitigazione dei risultati negativi. In tali casi si accompagnano al progetto iniziale ulteriori alternative di sviluppo che possono essere prese in considerazione soltanto se collegate al primo investimento²¹. Questo vale in alcune circostanze perché sono tipicamente riferite alla natura specifica dell'investimento considerato; si pensi, ad esempio, alla possibilità di fare slittare nel tempo l'epoca di avvio di un progetto.

In altre parole, le opportunità di sviluppo presuppongono l'effettiva realizzazione del progetto iniziale per poter essere considerate delle vere e proprie opzioni da sfruttare eventualmente secondo modalità e tempi al momento non sempre definiti; è il caso, ad esempio, della specializzazione di un'attività di ricerca iniziata su di un progetto di carattere più generale.

L'esigenza di dover assegnare un valore al contenuto di flessibilità caratterizzante un progetto è collegata al fatto che non può essere trattato allo stesso modo un investimento che, ad esempio per la sofisticata tecnologia utilizzata, presenti una certa elasticità di manovra nell'utilizzo futuro delle risorse rispetto a quello che, invece, si caratterizza per condizioni di rigidità. Questi aspetti di tipo qualitativo potrebbero rivestire un'importanza considerevole in quanto offrono maggiori possibilità di ritrovare delle concordanze fra caratteristiche possedute ed ambiente, sia interno che esterno all'impresa.

Tuttavia, si tratta di una valutazione complessa, che non può fare ricorso alle tecniche tradizionali dei flussi di cassa attualizzati. Resa sofisticata eventualmente dall'uso dell'albero delle decisioni. Infatti, non è detto che l'opzione che si intende considerare verrà utilizzata, essendo l'impresa libera di poterla esercitare o meno in funzione di valutazioni di convenienza che verranno successivamente effettuate.

A riguardo, Brealey e Myers²² affermano che “il flusso di cassa attualizzato assume implicitamente che l'impresa gestisca le sue attività in modo passivo. Non vengono considerate le opzioni legate a questa attività, opzioni che possono essere sfruttate da manager esperti. Ovvero, il flusso di cassa attualizzato non riflette il valore del management. Quest'ultimo può aggiungere valore a quelle attività, rispondendo ai cambiamenti del mercato, compiendo delle scelte per trarre benefici da sviluppi favorevoli o per ridurre gli effetti di quelli negativi. I manager possono compiere molte scelte, in quanto molte delle opportunità di investimento incorporano delle opzioni reali che hanno valore e che possono essere esercitate nel momento più opportuno per l'impresa. Il metodo di valutazione del flusso di cassa attualizzato non riesce a cogliere questo valore addizionale, perché presuppone implicitamente che l'impresa e i suoi manager siano investitori passivi”.

Appare quindi non corretto da un punto di vista metodologico sommare al valore del progetto originario quello dell'investimento aggiuntivo; piuttosto, la possibilità di esercitare una simile opzione fa assumere al progetto un valore incrementale che va ad aggiungersi al valore dell'investimento originario e che deve in qualche modo essere determinato.

²¹ “Spesso gli eventi futuri possono rendere desiderabile una modifica dell'investimento iniziale espandendolo o introducendo in un'epoca successiva una nuova tecnologia di produzione. Come e quando queste altre decisioni saranno prese dipende dagli eventi futuri. Tuttavia, la possibilità di agire dipende dalle attività poste in essere nel presente”. (Kester W.C., *Today's options for tomorrow's growth*, 1984)

²² Brealey R.A., Myers S.C. and Allen F.; Brealey, *Myers and Allen on Real Options. Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 20, Issue 4, pp. 58-71, 2008.

6.4 Classificazione delle opzioni reali

Una prima classificazione fu fatta da Brealey e Myers, i quali individuaronò due categorie principali di opzioni, che definiscono come “opzioni di attesa e di apprendimento” (che saranno chiamate in seguito opzioni di differimento) e come “opzioni di effettuare investimenti addizionali” (opzioni di ampliamento), a cui successivamente aggiungono le opzioni di abbandono e di flessibilità²³.

Quindi le principali opzioni reali individuabili nell’esame di un progetto di investimento possono essere così classificate:

- opzione di differimento;
- opzione di ampliamento;
- opzione di abbandono;
- opzione di flessibilità.

6.4.1 L’opzione di differimento

L’opzione di differimento caratterizza quei progetti che offrono la possibilità di rinviare nel tempo l’inizio dell’investimento senza che ciò comprometta la validità dell’iniziativa considerata. Questa opportunità assume particolare importanza quando le condizioni di incertezza che caratterizzano l’investimento sono elevate, tali che lo spostamento in avanti del tempo di avvio del progetto consenta di approfondire le conoscenze circa le possibilità reali di successo che l’investimento effettivamente presenta, riducendo così le condizioni di incertezza complessiva o migliorando, in ogni caso, le condizioni di redditività dell’iniziativa.

Per il management aziendale sarebbe auspicabile che tutti i progetti fossero caratterizzati da un’opzione di differimento, per avere la possibilità di migliorare il complesso delle informazioni sulla base delle quali verrà successivamente operata la scelta.

Tuttavia, nella realtà tale circostanza non è molto frequente dato che il differimento può anche indurre ad un aumento del rischio del progetto in funzione delle azioni che possono porre in essere nel frattempo le imprese concorrenti. Occorre quindi, che esistano delle condizioni di difesa, ad esempio una protezione brevettuale, che consentano all’impresa di preservare gli eventuali possibili vantaggi competitivi contenuti nel progetto originario.

Esempi di opzioni di differimento si possono trovare in progetti che riguardano l’utilizzo di un’innovazione risultante da un’attività di R&S, o il lancio di un nuovo prodotto sul mercato, o l’avviamento di una attività produttiva in un’area geografica o merceologica poco esplorata.

Si tratta inoltre, di una caratteristica tipica dei progetti di investimento realizzati in alcuni particolari settori produttivi, ad esempio, aventi come oggetto l’estrazione o l’utilizzo di risorse naturali (giacimenti minerari, acque ecc.). In queste ultime circostanze, il titolare di una concessione ha spesso la possibilità di differire lo sfruttamento sulla base dell’andamento dei prezzi di mercato della materia prima ottenibile.

La valutazione di un investimento differibile nel tempo è assimilabile alla stima del valore di un’opzione di tipo *call*. Il bene di riferimento sarà dato dal prodotto oggetto dell’investimento; il prezzo di esercizio è rappresentato dal costo per l’avvio del progetto; la durata dell’opzione è pari al periodo di tempo durante il quale può essere rinviato l’inizio del progetto.

²³Altre classificazioni sono state fatte: Copeland, Koller e Murrin classificano le opzioni sulle attività in cinque distinte categorie, aggiungendo alle prime tre individuate da Brealey e Myers le opzioni di riduzione e di scambio. Le prime fanno riferimento alla possibilità di ridurre nel futuro le dimensioni del progetto nell’ipotesi di condizioni sfavorevoli del mercato. Le seconde rappresentano una classe generale di opzioni nella quale rientra una casistica molto differenziata: ad esempio, il riavviamento o la chiusura di un impianto, il cambiamento del mix di produzione, ecc. Tuttavia, entrambe le categorie possono essere ricomprese nelle opzioni di flessibilità.

L'applicazione pratica della formula di valutazione delle opzioni, nel caso di progetti riguardanti il settore estrattivo o comparti simili, è agevolata dalla circostanza per cui il bene di riferimento è spesso una materia prima, largamente scambiata nei mercati internazionali. Risulta pertanto, possibile stimare coerentemente la variabilità nel valore del bene di riferimento.

Tenendo conto delle considerazioni svolte nel paragrafo precedente sul valore delle opzioni, quando il valore del bene di riferimento è di molto superiore al prezzo di esercizio, il valore dell'opzione sarà prevalentemente dato dal suo valore intrinseco (appunto differenza tra il prezzo di mercato e costo per l'avvio del progetto) e la valutazione sarà molto prossima a quella ottenibile con la metodologia del VAN.

Viceversa, quando il prezzo del bene di riferimento sarà inferiore o, al più, prossimo al costo di avvio del progetto, il valore dell'opzione sarà influenzato principalmente dalla volatilità del valore del bene di riferimento. In questi casi una valutazione basata sulla teoria delle opzioni dovrebbe risultare più accurata di quella ottenibile utilizzando la metodologia del VAN.

6.4.2 L'opzione di ampliamento

L'opzione di ampliamento riguarda quei progetti di investimento per i quali è possibile ipotizzare fasi successive di sviluppo, la cui realizzazione potrà essere decisa nel corso della vita utile del progetto. In questo caso la possibilità di accedere a nuovi investimenti è subordinata alla realizzazione dell'investimento originario e la convenienza ad operare ulteriori impieghi di capitale è condizionata dall'esistenza di opportunità al momento non conosciute.

L'apprendimento realizzato sulle caratteristiche presentate dall'ambiente interno ed esterno²⁴ all'impresa, può quindi evidenziare opportunità di ulteriori sviluppi di attività che verrebbero preclusi qualora non si realizzasse l'investimento iniziale.

E' forse questa l'opzione più diffusa nei progetti d'investimento, ma è anche la più difficile da valutare data l'aleatorietà e la diversità dei possibili percorsi che si presentano ad un'impresa attraverso la realizzazione di un determinato progetto.

Essa risulta particolarmente importante in quelle imprese che operano nei settori che si collocano sulle frontiere tecnologiche o del sapere umano, quali sono quello farmaceutico, informatico ed aerospaziale, tutti caratterizzati da condizioni di grande incertezza, o in quelli in cui i mercati di sbocco presentano tassi di crescita della domanda particolarmente elevati.

Per queste imprese, la possibilità di accedere a situazioni di sviluppo futuro delle attività produttive è legata ai risultati raggiunti attraverso gli investimenti in precedenza realizzati.

In tutti questi casi, il progetto di investimento ha un elevato valore strategico; quindi esso non potrebbe essere analizzato isolatamente, ma dovrebbe invece essere considerato come il primo anello di una catena di opportunità di investimento successive.

Secondo questo approccio, il progetto è assimilabile ad una serie di opzioni reali; più in particolare esiste un'elevata analogia fra il detentore di un'opzione *call* e l'azienda che vuole intraprendere un progetto di investimento articolabile in più fasi.

Infatti, le singole opportunità di investimento sono assimilabili ad altrettante *call option* di tipo americano, dove il valore corrente del bene di riferimento è dato dal valore attuale dei flussi di cassa generati dal progetto di investimento (VAN); il prezzo di esercizio dell'opzione corrisponde al costo degli investimenti aggiuntivi; la data di scadenza dell'opzione è definita dall'arco di tempo entro il quale una certa opportunità di investimento dovrà essere sfruttata.

²⁴ Intese sul campo del management aziendale, migliorando le conoscenze sulle caratteristiche del mercato, sui punti di forza e di debolezza della concorrenza, sui perfezionamenti tecnologici apportabili al processo o al prodotto, sulla possibilità di poter razionalizzare l'uso delle risorse produttive.

Un progetto di questo tipo, per essere valutato, richiede la considerazione di due grandezze:

- il valore attuale dei flussi di cassa generati dalla fase iniziale del progetto;
- il valore attuale delle opzioni relative ad opportunità che l'azienda può successivamente sviluppare realizzando il progetto.

In tal modo si può tenere conto delle opportunità che il progetto offre all'azienda, sia per le sue caratteristiche intrinseche di redditività, sia per le ulteriori possibilità di sviluppo che, grazie ad esso, si rendono possibili per l'impresa.

Si consideri, ad esempio, un'impresa che stia valutando la possibilità di espandersi in una nuova area geografica. Si supponga che tale progetto possa essere realizzato entro la fine del periodo t e che il costo iniziale dell'investimento per un primo ingresso sul mercato sia C_0 . Qualora questo primo tentativo dia buoni risultati, l'impresa potrà investire un ammontare ulteriore C_1 per realizzare una rete distribuita in loco. Si supponga ancora che in caso di risposta positiva del mercato, l'impresa preveda, con un ulteriore investimento pari a C_2 , di impiantare una nuova filiale.

Secondo la metodologia del VAN, dato un certo costo del capitale, si dovrà determinare il valore attuale netto del progetto iniziale ed i valori attuali netti degli investimenti aggiuntivi C_1 e C_2 . La somma di questi valori darà il valore attuale netto complessivo del progetto.

Nel caso in cui risultino negativi o il valore attuale netto del progetto iniziale o il valore attuale netto del progetto integrale, l'ipotesi di sviluppo dovrebbe essere di fatto scartata.

Tuttavia, un'analisi di questo tipo non tiene conto del fatto che le fasi successive del progetto costituiscono altrettante opzioni e che l'impresa potrà decidere sia sul "se" sia sul "quando" esercitare queste opzioni. Tale circostanza conferisce al progetto una notevole flessibilità, tale da ridurre i rischi connessi alla sua realizzazione.

Se, ad esempio, si assume che l'impresa abbia la possibilità di differire l'apertura di una propria rete di distribuzione fino al termine del periodo t , è possibile tener conto nella valutazione del progetto di investimento di questa particolare opzione.

Sostituendo alla tradizionale formula del VAN quella del valore attuale netto modificata per le opzioni, è evidente che il valore del progetto iniziale aumenterà in misura pari al valore dell'opzione di apertura di una rete commerciale. E sarà tanto più alto quanto più lungo è il periodo di tempo nel corso del quale l'impresa può differire la seconda fase del progetto senza temere azioni da parte della concorrenza.

Considerando tutte le opzioni disponibili, l'impostazione corretta del metodo del valore attuale netto modificato per le opzioni prevede che il progetto in questione venga valutato per il valore attuale netto della fase iniziale, a cui va ad aggiungersi il valore delle opzioni che lo stesso progetto offre, in termini di opportunità all'impresa, calcolato secondo l'*option pricing model*.

6.4.3 L'opzione di abbandono

L'opzione di abbandono riguarda la possibilità di abbandonare il progetto prima che questo abbia eroso per intero la sua utilità e comunque in anticipo rispetto alla vita utile stimata dell'investimento. Essa è collegata al presentarsi di determinate circostanze nello scenario competitivo che finiscono per rendere non più conveniente la prosecuzione dell'attività in precedenza intrapresa.

In altri termini, se in un dato momento della vita del progetto il valore attuale dei flussi di cassa prospettici risulta inferiore al suo valore di recupero, l'impresa avrà convenienza a dismettere il progetto.

E' il caso tipico del lancio di un nuovo prodotto su di un mercato di prova, per il quale la risposta dei consumatori potrebbe non consigliare lo sviluppo del progetto a livello nazionale; o anche di un progetto di ricerca in un'attività particolarmente complessa, che potrebbe essere abbandonato qualora i risultati raggiunti nelle fasi sviluppate evidenzino l'impossibilità di conseguire l'obiettivo in precedenza definito.

Questo tipo di opzione è particolarmente importante in quanto consente di valutare la reversibilità di un progetto di investimento.

Quello della reversibilità è un concetto difficilmente inseribile nei modelli di valutazione tradizionali. Infatti, questi ultimi possono anche prendere in considerazione il valore di abbandono o di recupero del bene, nell'ipotesi che lo stesso venga riferito ad una data prestabilita; ma nel caso dell'opzione, la circostanza dell'abbandono viene considerata un'opportunità contenuta nel progetto che l'impresa può o meno decidere di sfruttare, in un tempo che comunque non è definito preventivamente.

Questa possibilità deve essere valutata al momento in cui si intraprende il progetto, sia perché consente di riconoscere alla proposta di investimento un valore aggiuntivo rispetto ad altri progetti apparentemente simili ma irreversibili, sia perché, attraverso la stima del valore delle relative opzioni, è possibile tener conto del diverso grado di reversibilità dei progetti considerati.

L'opzione di abbandono può assumere due distinte configurazioni:

- può essere riferita ad un cambiamento delle caratteristiche strategiche del progetto realizzabile attraverso la destinazione delle risorse verso altre aree d'affari d'interesse dell'impresa;
- può prevedere la cessione sul mercato delle attività fino a quel punto realizzate.

La valutazione dell'opzione di abbandono può essere assimilata ad un'opzione *put*. Il prezzo di esercizio dell'opzione è dato dal valore di recupero del progetto nel corso della sua vita utile. La durata delle opzioni è data dai diversi orizzonti temporali presi in considerazione ed il valore attuale netto dei flussi di cassa prospettici indica il valore di mercato del bene di riferimento.

Tuttavia, in questo caso il modello di valutazione è più complesso, non essendo possibile utilizzare nella maggior parte dei casi la tecnica standard di valutazione delle opzioni. Per la stima del suo valore si fa così ricorso a particolari algoritmi di difficile utilizzazione pratica.

Per esempio, una delle complicazioni riguarda la variabilità dell'attività oggetto dell'opzione.

6.4.4 L'opzione di flessibilità

Per opzione di flessibilità si intende la possibilità che un progetto ha di modificare alcune sue caratteristiche in risposta a dei mutamenti avvenuti in ambito esterno.

La flessibilità si riferisce non solo all'uso (aspetto statico), ma anche al possibile mutamento (aspetto dinamico) delle risorse impiegate.

Un'azienda può cioè disporre di risorse polivalenti, in grado di adattarsi ad una modifica del mix di attività da porre in essere, e di risorse più o meno facilmente sostituibili. Il primo attributo consentirà di rispondere a quei mutamenti che non comportano il cambiamento delle risorse ma solo una loro diversa disposizione organizzativa; il secondo, invece, permetterà di adeguarsi anche a quei mutamenti che richiedono risorse nuove. E' quindi possibile affermare che le risorse aziendali hanno una flessibilità d'uso ed una flessibilità di riconversione.

L'opzione di flessibilità, anche se non è così semplice operare una classificazione, riguarda il primo dei due attributi, che fa più specificamente riferimento al grado di adattabilità delle risorse, laddove l'altro, interessando il grado di sostituibilità delle risorse, è stato trattato nelle opzioni di abbandono.

Sempre più spesso, infatti, il sistema competitivo è interessato da cambiamenti che richiedono all'impresa un differente uso delle risorse disponibili. E' il caso, ad esempio, delle variazioni possibili a livello di capacità produttiva in presenza di una più o meno favorevole risposta da parte del mercato, dei cambiamenti del mix di produzione in funzione del diverso atteggiamento dei consumatori o di più vantaggiose opportunità individuate in altri segmenti di domanda.

In tutti questi casi, ed in altri ancora, la possibilità di alcuni progetti di potere dare luogo, qualora se ne riconosca l'opportunità, alle modificazioni richieste o sollecitate dall'ambiente, senza indurre lievitazioni nei costi o con oneri adeguati al nuovo sistema di attività prescelto, dà luogo ad opzioni di flessibilità che necessariamente devono apportare ai relativi progetti un incremento di valore rispetto a quelli che, per contro, si caratterizzano per condizioni di rigidità nell'uso delle risorse.

La valutazione dell'opzione di flessibilità può essere assimilata, secondo le circostanze, ad un'opzione *put* o *call*. La possibilità di ridurre la dimensione di un progetto o di chiudere un impianto di produzione non più conveniente corrisponde, ad esempio, ad una *put option* di tipo americano. Quella, invece, di riavviare l'attività temporaneamente sospesa o cessata di variare il mix produttivo grazie all'utilizzo di un sistema flessibile di produzione può essere considerata un'opzione *call*.

In riferimento a quest'ultimo caso citato, si supponga che un'impresa che sta per scegliere l'impianto di produzione, abbia a disposizione due tipi di soluzioni: un impianto a capacità produttiva dedicata per la produzione esclusiva del prodotto A o un impianto a capacità produttiva flessibile, che consente all'impresa di produrre indifferentemente il prodotto A o il prodotto B.

In questi casi il metodo delle opzioni consente di cogliere l'aspetto di natura strategica insito nella decisione di investimento. Infatti, per valutare l'investimento in capacità produttiva, l'impresa deve tenere conto del fatto che la caratteristica di flessibilità le consente una più efficace risposta alla variabilità delle condizioni di mercato. In altri termini, la valutazione dell'impianto flessibile deve comprendere il valore dell'opzione data dal carattere della tecnologia incorporata.

Tale aspetto può essere assimilato ad un'opzione di tipo *call* sulla produzione del bene B. Il bene di riferimento sarà dato dal margine di contribuzione unitario netto²⁵ relativo al bene B; la durata delle opzioni è definibile in base all'intervallo temporale esistente fra le scadenze caratterizzanti i possibili tempi di avvio dei piani di produzione dell'impresa; il prezzo di esercizio dell'opzione sarà dato dal margine di contribuzione sulle unità del prodotto A al quale l'impresa deve rinunciare per produrre una unità di prodotto B.

Poiché i margini di contribuzione sui due prodotti sono determinati dall'andamento della domanda e dei costi di produzione, è evidente che la valutazione dell'opzione implicita nella capacità produttiva flessibile consentirà di tener conto dell'incertezza relativa all'andamento di mercato dei diversi prodotti. Per cui potrà costituire un utile metro di paragone per determinare la convenienza per l'impresa a sostenere il differenziale di costo fra un investimento in capacità produttiva flessibile ed uno in capacità produttiva dedicata.

²⁵ Si definisce margine di contribuzione lordo unitario la differenza tra il prezzo di vendita unitario ed il costo variabile unitario, che sono rispettivamente il ricavo ed il costo associati ad una variazione unitaria del volume di output.

La somma dei margini di contribuzione unitari relativi ad un periodo dà il margine di contribuzione di periodo. Quando il margine di contribuzione del periodo è uguale al totale dei costi fissi del periodo si raggiunge il punto di pareggio. Quando il margine di contribuzione è maggiore dei costi fissi si genera l'utile. Sottraendo ai ricavi, oltre che i costi variabili, anche quelli fissi, si ottiene il margine di contribuzione unitario netto.

6.5 L'approccio alle opzioni reali nei progetti di investimento nel settore energetico e nelle RES (*renewable energy sources*)

Come si è già affermato, affinché le RES possano diventare competitive con le fonti tradizionali è necessario incoraggiare gli investimenti in questo campo. Un'intensificazione degli stessi aiuterà lo sviluppo della tecnologia, ma secondo molti studiosi, è necessario investire energie non solamente nel campo dei progetti per ottenere la loro realizzazione, ma anche nella ricerca di metodi di valutazione innovativi, come appunto le opzioni reali.

A riguardo, si prende in considerazione un articolo scientifico²⁶ che illustra lo stato dell'applicazione delle opzioni reali nel settore energetico, allo scopo di comprendere lo stato attuale, in termini quantitativi e qualitativi, dell'approccio alle opzioni in questo settore, soprattutto nelle RES.

In base alle considerazioni fatte, i modelli di valutazione tradizionali, che si affidano al DCF, non consentirebbero di cogliere pienamente la dimensione strategica degli investimenti e di trattare adeguatamente l'incertezza di questi particolari progetti.

La diffusione delle tecnologie di energia rinnovabile è influenzata anche da questo aspetto, quindi, le modalità con cui gli investitori valutano questi investimenti richiedono l'uso di tecniche di valutazione adeguate.

La teoria delle opzioni reali, offre all'investitore la possibilità di capire per esempio quale sia il valore intrinseco della flessibilità di ritardare un investimento irreversibile nel futuro. Nel campo dei progetti in RES, questa capacità diventa particolarmente importante, in quanto queste tecnologie sono spesso costituite da componenti modulari, normalmente richiedono tempi di costruzione brevi ed esibiscono curve di apprendimento molto ripide, caratteristiche tipiche di una tecnologia che sta attraversando una fase di forte sviluppo.

Le tecniche tradizionali contengono delle ipotesi implicite, come la reversibilità degli investimenti; in altre parole, un investimento può essere annullato e le spese recuperate. D'altra parte, se un soggetto non effettua l'investimento ora, potrebbe non essere in grado di farlo in futuro e questo diventerà irrecuperabile.

Anche nel settore energetico sono ovviamente valide tutte le considerazioni fatte nei paragrafi precedenti, facendo riferimento alla capacità di ritardare l'investimento, e agli altri aspetti strategici già descritti nelle varie tipologie di opzioni.

La letteratura degli studi effettuati attraverso l'impiego delle opzioni reali afferma che le prime applicazioni del metodo nel settore energetico risalgono alla fine degli anni settanta. Tali applicazioni non interessavano le RES ma piuttosto il settore energetico tradizionale, come gli elaborati di Tourinho²⁷.

In seguito, Brennan e Schwartz²⁸ applicarono l'*option pricing model* alla valutazione delle risorse utilizzate nelle miniere di rame cilene. Nello stesso tempo, altri autori svilupparono lavori simili nel settore energetico, in particolare nel settore petrolifero, come Siegel e altri²⁹, Paddock e altri³⁰ e Ekern³¹.

²⁶ B. Fernanders, J. Cunha, P. Ferreira, "The use of real options approach in energy sector investments", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4491-4497, ottobre 2011.

²⁷ Tourinho OAF. *The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach*. Berkeley: University of California; 1979.

²⁸ Brennan MJ, Schwartz ES. Evaluating natural resource investments. *The Journal of Business* 1985;58:135-57.

²⁹ Siegel DR, Smith JL, Paddock JL. Valuing offshore oil properties with option pricing models. *Midland Corporate Finance Journal* 1987:22-30.

³⁰ Paddock JL, Siegel DR, Smith JL. Option valuation of claims on real assets: the case of offshore petroleum leases. *The Quarterly Journal of Economics* 1988;103:479-508.

Nel decennio 1990-2000, Dixit e Pindyck³² e Amram e Kulatilaka³³, hanno contribuito allo sviluppo dell'approccio alle opzioni reali con applicazioni e pubblicazioni, prestando particolare attenzione ai casi studiati in diversi settori o mercati, compreso il settore energetico.

Nel 1996, Felder³⁴, manifestò la sua aspettativa futura di un aumento dell'uso di teorie e metodi finanziari, in quanto il settore elettrico stava diventando sempre più deregolamentato.

Ghosh e Ramesh³⁵ hanno studiato lo sviluppo di un mercato delle opzioni per la negoziazione dell'energia elettrica in una configurazione di mercato che consideri il potere di pianificazione dei sistemi ed i vincoli operativi e/o esigenze.

Molti altri autori nel corso degli anni hanno contribuito allo sviluppo dell'approccio alle opzioni reali in svariati settori, attraverso l'uso di metodi di simulazione o attraverso la risoluzione di PDE (*partial differential equations*) che esprimano matematicamente il valore dell'opzione e le sue dinamiche.

L'applicazione dell'approccio al settore delle RES è avvenuto solamente in una fase successiva, ovvero dopo l'anno 2000.

Per una miglior conoscenza degli autori, una delle prime applicazioni della teoria delle opzioni reali nel campo delle energie rinnovabili, fu lo sfruttamento dell'energia eolica, e più precisamente risale al 2002, da Venetsanos e altri³⁶. Gli autori hanno identificato una struttura per valutare i progetti di energia rinnovabile. In primo luogo, hanno considerato le incertezze e gli attributi delle risorse direttamente connesse, che sono inerenti alla produzione di energia. In secondo luogo, sono state identificate le opzioni reali integrate in un progetto eolico. In terzo luogo, hanno valutato il progetto secondo la teoria delle opzioni reali. Per questo hanno usato il modello Black-Scholes. Infine, hanno confrontato i risultati del loro modello con la tecnica tradizionale del DCF.

I principali risultati del loro lavoro portarono a dire che il valore del progetto calcolato con le opzioni era positivo, mentre il valore attuale netto era negativo. Tuttavia, attualmente risulta difficile pensare di intraprendere un progetto di investimento se una valutazione tradizionale afferma che questo creerà perdita di denaro; sarebbe invece meno complesso avere fiducia nel metodo delle opzioni se già la valutazione tradizionale fornisce un risultato sufficientemente buono, maggiorato eventualmente dal valore positivo delle opzioni considerate.

Fu solo nel 2007, in Norvegia, che Kjarland³⁷ applicò la teoria delle opzioni reali per valutare il valore delle opportunità di investimento in energia idroelettrica, e per trovare una relazione tra livello dei prezzi dell'elettricità e la tempistica ottimale delle decisioni di investimento nel settore idroelettrico.

³¹ Ekern S. An option pricing approach to evaluating petroleum projects. *Energy Economics* 1988;10:91-9.

³² Dixit AK, Pindyck RS. *Investment under uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press; 1994.

³³ Amram M, Kulatilaka N. *Real options: managing strategic investment in an uncertain world*. Harvard Business School Press; 1999.

³⁴ Felder FA. Integrating financial theory and methods in electricity resource planning. *Energy Policy* 1996;24:149-54.

³⁵ Ghosh K, Ramesh VC. An options model for electric power markets. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 1997;19:75-85.

³⁶ Venetsanos K, Angelopoulou P, Tsoutsos T. Renewable energy sources project appraisal under uncertainty, the case of wind energy exploitation within a changing energy market environment. *Energy Policy* 2002;30:293-307.

³⁷ Kjarland F. A real option analysis of investments in hydropower – the case of Norway. *Energy Policy* 2007;35:5901-8.

Si sono anche effettuati studi sull'applicazione delle opzioni reali negli investimenti/programmi di R&S nel settore delle RES. Una delle prime applicazioni in questo campo risale al 2003, da Davis e Owens³⁸. Gli autori hanno quantificato il valore dei programmi di R&S degli Stati Uniti in energie rinnovabili non idro basandosi sulle opzioni reali. Hanno anche usato questo modello per determinare il livello ottimale di risorse da destinare annualmente al settore della R&S in fonti rinnovabili. In seguito altri autori hanno seguito la stessa strada, ma sempre con approcci abbastanza limitati.

³⁸ Davis G, Owens B. Optimizing the level of renewable electric R&D expenditures using real options analysis. *Energy Policy* 2003;31:1589–608.

6.6 Considerazioni finali

Negli ultimi anni si è notato un aumento di interesse sull'applicazione della teoria delle opzioni reali nel sistema decisionale del settore dell'energia. Come visto nella revisione della letteratura presentata, questa teoria è stata utilizzata sia nel campo della generazione, sia nella valutazione delle politiche energetiche finalizzate alla R&S. Questo fenomeno rivela che le parti interessate al settore dell'energia stanno gradualmente iniziando a considerare gli eventuali limiti delle tecniche di valutazione tradizionali, dato il potenziale della teoria delle opzioni reali.

Il settore delle RES sembra non fare eccezione e recentemente sono apparsi studi che usano la teoria delle opzioni reali, anche se questa particolare letteratura è ancora limitata.

I progetti in RES hanno caratteristiche particolari che comportano la necessità di utilizzare metodi di valutazione in grado di valutare il loro corretto valore, tenendo conto delle loro caratteristiche. Ovvero, questi progetti hanno elevati costi iniziali ed incertezze, dovute alla variabilità naturale delle fonti, ai possibili cambiamenti dei sistemi di sostegno degli investimenti ed al fatto che le loro curve di apprendimento sono molto ripide; quest'ultimo è sicuramente un fattore positivo perché è indice di progresso delle tecnologie, però potrebbe diventare un fattore rilevante nella scelta di un differimento degli investimenti.

Tenendo conto delle ragioni esposte, la teoria delle opzioni reali sembra essere un metodo di valutazione in grado di fornire una valutazione più realistica del valore di un progetto di investimento in RES.

Tuttavia, sembra esserci una mancanza di applicazione di tale tecnica in questo campo e, così gli autori spesso si ingegnano nella simulazione dell'applicazione. Le opzioni reali talvolta hanno prodotto risultati migliori rispetto ad altri criteri, ma non si ritiene che questo sia indice del raggiungimento della maturità del metodo.

Inoltre, per le migliori conoscenze degli autori, questa tecnica è stata raramente applicata alle RES che non siano energia eolica ed idroelettrica. Pertanto, lo sviluppo delle opzioni reali e delle metodologie in ulteriori RES come il fotovoltaico, le biomasse ed altre, potrebbe fornire una migliore conoscenza del loro corretto valore.

7. L'ENERGIA DA BIOMASSE

Le biomasse sono la prima forma di sfruttamento dell'energia solare. La fotosintesi clorofilliana genera biomasse e indirettamente sostiene tutta la vita terrestre. A causa delle molte forme che le biomasse prendono, questo tipo di energia rinnovabile risulta essere meno definito rispetto alle altre, nel senso che esistono molte tecnologie diverse che vanno sotto questo nome.

Le biomasse sono anche adatte, per l'assenza di discontinuità, alla cogenerazione; infatti il 60% degli impianti in funzione produce anche calore.

7.1 La risorsa

Per biomassa si intende ogni sostanza organica derivante direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana. Tale processo permette alle piante, durante la loro crescita, di convertire la CO₂ atmosferica in materia organica. Così vengono fissate complessivamente circa $2 \cdot 10^{11}$ tonnellate di carbonio all'anno, con un contenuto energetico equivalente a 70 miliardi di tonnellate di petrolio, circa sette volte il fabbisogno energetico mondiale del 2002, pari a 10,20 Gtep (poi aumentato fino all'attuale valore di 12,15 Gtep, *dati IEA*).

Il termine biomassa riunisce una grande quantità di materiali, di natura assai eterogenea. In forma generale si può dire che è biomassa tutto ciò che ha origine organica, con esclusione delle plastiche di origine petrolchimica ed ovviamente dei combustibili fossili.

Esempi di biomassa sono: i residui di coltivazione destinati all'alimentazione umana o animale, le piante espressamente coltivate per scopi energetici, i residui agroforestali, gli scarti dell'industria di trasformazione del legno (trucchioli, segatura), gli scarti delle aziende zootecniche, gli scarti mercatali, alghe e colture acquatiche e la frazione urbana dei rifiuti solidi urbani. Tutti materiali utilizzabili a fini energetici sia direttamente come combustibili sia trasformandoli in sostanze (solide, liquide o gassose) più facilmente sfruttabili negli impianti di conversione.

Le principali applicazioni sono: produzione di energia (bioenergia), sintesi di carburanti (biocarburanti) e sintesi di prodotti (bioprodotti).

Le biomasse hanno una modesta densità energetica se paragonata a quella dei combustibili tradizionali.

Infatti, il potere calorifico inferiore riferito alla sostanza secca è in genere compreso tra 4.000 e 4.400 [kcal/kg] contro circa 10.000 [kcal/kg] del petrolio e 12.000 [kcal/kg] del gas naturale; inoltre bisogna tener conto che molto spesso il tenore di umidità delle biomasse è assai elevato (dal 30 al 50% in termini di peso), per cui specialmente nei processi di conversione termochimica come combustione, gasificazione e pirolisi, sono necessari adeguati pretrattamenti come l'essiccazione per poterne sfruttare al meglio le qualità energetiche.

Le biomasse hanno origine dall'energia irradiata dal sole che, attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana, trasforma la struttura molecolare dell'anidride carbonica e di altri elementi, e produce la materia organica delle piante.

L'energia annuale irradiata dal sole sul nostro pianeta è di circa $11,6 \cdot 10^6$ Mtep e il rendimento di conversione a livello globale è dello $0,5 \div 0,7$ %, per cui la produzione annuale di biomassa è stata stimata tra i 64.400 e gli 83.600 Mtep.

In Tabella 7.1.1 viene riportato il potenziale energetico dei principali combustibili tradizionali e delle biomasse più comuni.

Tabella 7.1.1 - Potere calorifico inferiore dei principali combustibili.

COMBUSTIBILI TRADIZIONALI ¹	PCI (kcal/kg)	COMBUSTIBILI RINNOVABILI ²	PCI SS ³ (kcal/kg)
Lignite	2.500	Paglia da grano, segale e orzo	4.200
Carbon fossile	7.400	Vinacce	4.300
Carbone di legna	7.500	Sansa	4.300
Gas naturale	8.250 kcal/mc	Cedui a rotazione breve	4.400
Olio combustibile	9.800	Gusci di noci, mandorle e pinoli	4.400
Gasolio	10.200	Legna	4.500
Distillati leggeri	10.400	Corteccia	4.600
GPL	11.000	Residui di potatura	4.600

1 Fonte BEN

2 Fonte UNI CEN/TS

3 PCI SS potere calorifico inferiore della sostanza secca, arrotondato

Fonte: *Rapporto GSE biomasse, febbraio 2011.*

Per completezza, il potere calorifico inferiore relativo alla sostanza secca dei rifiuti solidi urbani è 2.500 Kcal/kg³⁹.

³⁹A. Bartolazzi, *Le energie rinnovabili*, HOELPI, 2005, Cap. 6. p.169.

7.2 Stato della ricerca

Le biomasse hanno già risolto due dei principali problemi delle energie rinnovabili: la discontinuità dell'energia e lo stoccaggio. Infatti, l'energia viene convertita con un processo interrompibile e stoccata sotto forma di materiale vegetale od organico di vario tipo.

Da questo sistema di immagazzinamento nasce il principale ostacolo all'uso della biomassa: il materiale vegetale, per diventare energia fruibile per gli uomini, deve avere una forma adeguata. Ci riferiamo alla trasformazione delle biomasse in solidi (come i pellet), liquidi (come i biocarburanti) o gas. Questa è l'esigenza principale che si cerca di risolvere con la ricerca sulle biomasse.

Il problema è avere a disposizione una fonte semplice da stoccare, trasportare e bruciare. A questa esigenza si riconducono le ricerche che ancora si fanno per migliorare molti processi come gasificazione, alcoolisi, fermentazione.

A questo filone si può ricondurre anche la ricerca che si fa per semplificare la logistica, come per i macchinari di raccolta del legno e trasformazione in una passata.

Altra debolezza della biomassa è la limitata capacità di conversione dell'energia solare. La ricerca genetica ha notevoli possibilità di cambiare i processi e le efficienze di conversione delle biomasse. Un'operazione di ricerca e sviluppo è stata fatta sui pioppi (*fonte: www.zeroemission.eu, La genomica viene in aiuto dei biocarburanti*), variando il codice genetico favorendo raccolti abbondanti (maggiore resistenza ad agenti esterni ed adattabilità), aumentare la velocità di crescita, favorire il processo di conversione (per la produzione di etanolo).

Nella preparazione del biodiesel si stanno studiando sistemi di produzione dell'olio, che sfruttano alghe in vasche in cui viene pompata CO₂. In questo modo ci sono speranze di incrementare di più di 10 volte la produzione di olio.

Per migliorare il rendimento, si studiano sistemi per trattare i fumi in modo da recuperare il calore e diminuire gli inquinanti. Sempre per aumentare il rendimento finale del ciclo, si utilizzano cogeneratori a biomassa, che sfruttano la possibilità di usare localmente il calore di scarto del ciclo di produzione dell'energia elettrica.

Anche il contesto economico sociale pone problemi allo sviluppo delle biomasse. La prevalenza delle aziende di piccole e piccolissime dimensioni (in Europa ma soprattutto in Italia) risulta essere uno dei maggiori limiti.

In genere, il costo di approvvigionamento della materia prima incide per circa il 45% sul costo totale della produzione di energia. Per le colture energetiche dedicate questo costo varia da 30 a 60 €/t di sostanza secca ed include coltivazione, raccolta, stoccaggio e trasporto.

Secondo Itabia (Associazione Italiana Biomasse) la cifra potrebbe essere dimezzata a patto di migliorare le pratiche agronomiche ed incrementare la produttività delle colture. L'attuale livello medio di 10-15 tonnellate per ettaro all'anno si sostanza secca potrebbe arrivare a 20-25 tramite una forte riorganizzazione aziendale.

Ulteriori settori di ricerca sono in via di sviluppo da parte di diversi enti, per esempio l'associazione americana di ricerca nelle biomasse (BERA, *Biomass Energy Research Association*).

7.3 I principi di conversione per l'utilizzo

I metodi di conversione delle biomasse in energia sono molteplici. In generale si trasforma la biomassa in una forma facilmente gestibile, per poi utilizzarla.

Una caratteristica distintiva delle biomasse è il contenuto di acqua. Ad un basso contenuto si adattano i processi termochimici, mentre ad alti contenuti sono adatti i processi biochimici.

Altro criterio è il rapporto carbonio-azoto (C/N): i materiali con elevato rapporto C/N sono adatti alla combustione, mentre per valore minori di 30 vengono sottoposti a trattamenti biologici.

La fase principale e tecnologicamente più distintiva è la conversione da materiale vegetale a materiale pronto per la conversione in energia. Questo processo può avvenire in forma termochimica, con l'uso di calore, o biochimica, quando nella trasformazione agiscono elementi biologici (ad esempio batteri).

Tabella 7.3.1 - Quadro riepilogativo dei sistemi di conversione delle biomasse.

Risorsa	Logistica	Processi principali	Processo finale		
<p>Energia solare ↓ Fotosintesi clorofilliana ↓ Piante ——— Colture energetiche ↓ Trasformazione industriale ——— Sottoprodotti Scarti ↓ Consumo ——— Rifiuti</p>	Raccolta	Combustione	Calore	Energie e/o Calore	
	Trasporto	Carbonizzazione	Solido		
		Gasificazione	Gas		
	Trasformazione	Pirolisi	Termochimici		Liquido
			Biochimici		
		Transesterificazione	Liquido		
Stoccaggio		Fermentazione alcolica	Liquido		
		Digestione anaerobica	Gas		
		Digestione aerobica	Calore		

Essendo l'obiettivo di questo Capitolo quello di fornire un'inquadratura generale sull'utilizzo delle biomasse nel settore della produzione di energia elettrica e fornire le conoscenze sufficienti per una corretta comprensione dell'impianto che si andrà a considerare nei prossimi Capitoli, non si ritiene importante affrontare in modo approfondito tutti i metodi di conversione ricapitolati in Tabella 7.3.1. E' preferibile piuttosto soffermarsi sui metodi di conversione biochimica, ed in particolare sul processo di digestione anaerobica.

7.3.1 La conversione biochimica

In tale processo la biomassa viene modificata chimicamente grazie all'azione di enzimi e microrganismi che si formano sotto particolari condizioni; viene applicata per quei materiali in cui il già citato rapporto C/N sia inferiore a 30 e l'umidità alla raccolta superiore al 30%.

Sono quindi idonei a tale conversione le colture acquatiche, i reflui zootecnici, alcuni scarti di lavorazione e la biomassa eterogenea immagazzinata nelle discariche controllate.

7.3.1.1 La digestione anaerobica

E' un processo biologico realizzato in assenza di ossigeno da alcuni batteri patogeni (in genere si tratta di batteri come salmonella *tiphimurium*, salmonella *sierotipo dublin*, *escherichia coli*, *staphylococcus*, ecc.), attraverso il quale la sostanza organica viene trasformata in biogas costituito per il 50 ÷ 80% da metano e per la restante parte da CO₂.

$$H = x_{CH_4} \cdot H_{CH_4} \quad [kJ/Nm^3]$$

Con potere calorifico H variabile da circa 18.000 [kJ/Nm³] a 28.650 [kJ/Nm³] , contro un potere calorifico del gas naturale di circa 36 [kJ/Nm³].

L'anidride carbonica può essere successivamente eliminata e il gas utilizzato come combustibile per alimentare caldaie a gas e per produrre calore e/o energia in motori a combustione interna.

Poiché la digestione anaerobica può essere considerata anche come un processo di trattamento di inquinanti, le condizioni operative possono essere scelte per realizzare la massima resa di depurazione o la massima resa di prodotti energetici. I vantaggi derivanti da tale processo sono quindi molteplici:

- Produzione di energia da fonte rinnovabile;
- Miglioramento dell'economia delle aziende zootecniche e/o agricole;
- Minori emissioni di gas-serra, migliore qualità dei fertilizzanti prodotti;
- Demolizione di rifiuti agricoli industriali e civili che possono creare problemi di inquinamento e di salute pubblica;
- Minore inquinamento da odori e ridotta presenza di insetti;
- Miglioramento delle condizioni igienico sanitarie dell'azienda.

7.3.1.2 La digestione aerobica

Per completezza si riporta anche una breve descrizione del processo di digestione aerobica. Tale tecnica di trasformazione non viene comunque utilizzata nell'impianto che sarà preso in considerazione nei Capitoli successivi, ma l'obiettivo di tale richiamo è quello di mettere in evidenza gli aspetti principali che la differenziano dalla digestione anaerobica.

Il processo consiste nella metabolizzazione delle sostanze organiche per opera di micro-organismi, il cui sviluppo è condizionato dalla presenza di ossigeno. Questi batteri convertono sostanze complesse in sostanze più semplici, liberando CO₂ e H₂O e producendo un elevato riscaldamento del substrato (lo strato sottostante di biomassa non ancora digerito dai batteri), proporzionale alla loro attività metabolica. Il calore prodotto può essere così trasferito all'esterno, mediante scambiatori a fluido. E' un processo particolarmente indicato negli impianti di depurazione dei liquami.

7.4 La produzione di biogas

Come già sottolineato, per completezza della trattazione e per fornire un quadro esauriente, si ritiene opportuno dedicare qualche paragrafo a processi e ad impieghi delle biomasse che differiscono dalle specifiche caratteristiche dell'impianto che sarà oggetto di trattazione nei Capitoli successivi, ma comunque di rilevante importanza ai fini della comprensione delle tecnologie che sfruttano processi biochimici.

Tale impianto andrà a trattare reflui zootecnici e biomasse vegetali, tuttavia, al seguito si riporta una breve descrizione del processo di digestione dei rifiuti urbani nelle discariche, anch'esso atto alla produzione di biogas.

7.4.1 La digestione dei rifiuti urbani nelle discariche

Il biogas si forma spontaneamente nelle discariche. Le discariche di rifiuti urbani ne sono quindi grandi produttori, visto che normalmente il 30-40% del rifiuto è appunto materiale organico.

Il biogas viene quindi prodotto principalmente tramite la digestione anaerobica dei rifiuti prodotti dall'uomo; ad oggi ne vengono prodotti circa 1,5 kg al giorno pro capite⁴⁰.

La raccolta differenziata, divenuta obbligatoria, consente di recuperare le materie prime contenute nei rifiuti (vetro, plastica, metalli, carta), e di separarle dalla frazione organica.

Le discariche sono enormi fosse, rese impermeabili con teli di plastica in modo da evitare l'inquinamento delle falde acquifere, riempite di rifiuti urbani e ricoperte di terra. Il materiale organico fermenta grazie all'azione di microrganismi anaerobici producendo il biogas, il quale deve quindi poter essere opportunamente estratto per poterne utilizzare il potere calorifico ai fini della generazione di energia elettrica.

Un impianto di produzione di biogas da discarica prevede un sistema di pozzi che aspirano il gas situato in profondità verso la superficie della discarica; il gas viene poi filtrato per eliminare eventuali materiali solidi trascinati ed inviato a dei motori, in genere motori alternativi a combustione interna (come quelli delle autovetture); tali motori sono collegati ad un alternatore che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica e che, attraverso il trasformatore di tensione, immette l'energia in rete.

In genere si tratta di impianti di piccola taglia (sempre inferiore a 5MW, quasi sempre compresa tra 500kW e 1 MW) i cui motogeneratori possono facilmente essere sostituiti con altri di minor potenza man mano che la produzione di biogas va scemando. Inoltre, dato che l'effettiva producibilità di una discarica è soggetta a sensibili variazioni nel breve periodo, è anche possibile utilizzare più moduli che lavorano in parallelo disinserendone o aggiungendone alcuni a seconda delle esigenze.

I costi di investimento sono relativamente ridotti: i macchinari utilizzati sono di concezione automobilistica e sono ormai prodotti in serie da costruttori specializzati; il collegamento elettrico per taglie piccole può essere realizzato sulla rete di bassa tensione, più facilmente accessibile. I tempi di realizzazione sono di qualche mese e la manutenzione può essere eseguita da meccanici con esperienza automobilistica.

L'ordine dell'investimento è di $800 \div 1.000$ €/kW di potenza installata.

⁴⁰ A. Bartolazzi, *Le energie rinnovabili*, HOELPI, 2005, Cap. 6. p.200.

7.4.2 La digestione dei reflui zootecnici

Un'altra fonte importante di biogas è costituita dalla digestione anaerobica dei reflui zootecnici in appositi reattori chiamati digestori. Questa è appunto la metodologia di produzione di biogas dell'impianto che verrà analizzato nei prossimi Capitoli.

Un impianto di questo tipo è generalmente costituito da due serbatoi di biomassa: nel primo sono presenti i reflui zootecnici (substrato), e nel secondo i residui agricoli (co-substrato).

Entrambi, tramite un sistema di pompaggio e di adduzione, vanno ad alimentare il digestore dove i batteri provvedono a trasformare la materia organica in biogas. Può esserci la presenza di un secondo reattore (chiamato post-digestore) in serie con il primo, che elabora una certa quantità di biomassa producendo ulteriore biogas. Questo viene poi convogliato in un motore alternativo a combustione interna per la produzione di energia elettrica (per usi locali o immessa in rete) e di calore utilizzabile in parte per riscaldare il reattore, in parte per uso locale. Uno schema semplificato del sistema è in Figura 7.4.2.1.

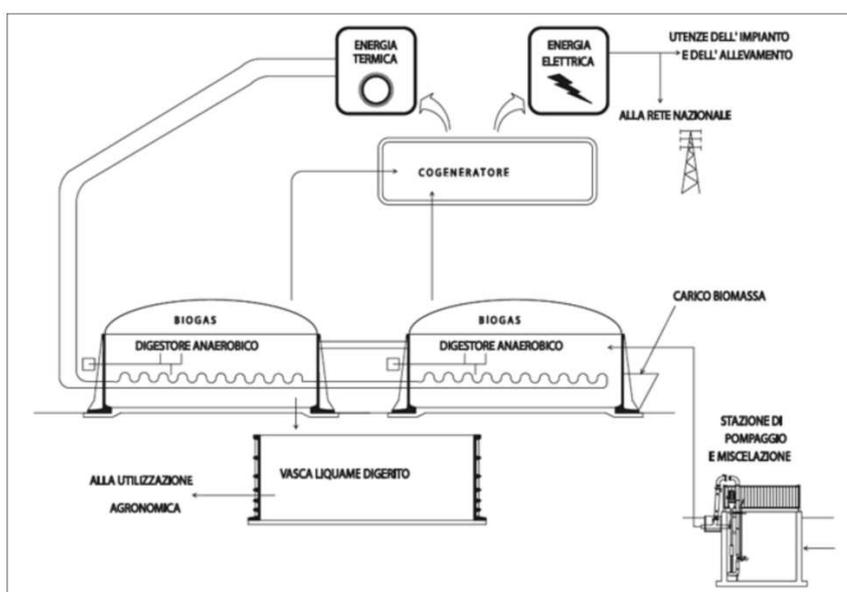


Figura 7.4.2.1 - Digestori posti in serie assicurano le migliori produzioni di biogas in impianti tipo super-flow.

Oltre all'assenza di ossigeno, le condizioni ideali per l'azione dei batteri all'interno del digestore sono le seguenti:

- elevato tasso di umidità, almeno del 50%;
- temperatura di 30÷40°C (tempo di digestione: 25÷40 giorni);
- pH = 7,5, e rapporto C/N tra 20 e 40.;
- granulometria ridotta (che aumenta, a pari volume, la superficie attaccabile dai batteri).

Il biogas prodotto possiede tipicamente la seguente composizione volumetrica:

- CH₄ = 50÷80%;
- CO₂ = 20÷50%;
- N₂, H₂, NH₃, H₂S < 1%.

L'H₂S (acido solfidrico) è corrosivo per i metalli per cui, affinché sia utilizzabile nel motore, il suo contenuto va drasticamente ridotto. A tal fine si aggiunge una certa quantità d'aria (valutabile attorno al 2÷6% in volume) nella parte alta del digestore dove i batteri trasformano il 95% dell'acido presente in idrogeno e zolfo.

Tabella 7.4.2.1 - Resa di biomassa da rifiuti animali.

Biomassa	Resa di biogas [m ³ /t]	Resa media [m ³ /t]
Bovina	9÷51	25
Suina	7÷61	27
Avicola	24÷88	51

Fonte: A. Bartolazzi, *Le energie rinnovabili, HOELPI, 2005, Cap. 6. p.203.*

All'interno di entrambi i serbatoi, un propulsore ad elica provvede a mescolare continuamente la biomassa presente, allo scopo di portare in superficie la biomassa del sottostrato altrimenti non metabolizzabile dai batteri. Il sistema di pompaggio è realizzato normalmente da pompe centrifughe, mentre le tubazioni devono essere di un certo diametro per evitare il bloccaggio a causa della scarsa fluidità del materiale. Per sistemi pressurizzati il diametro minimo è di 100 mm, mentre per quelli non pressurizzati è di 200mm.

Va sottolineato che l'unica tecnologia oggi consolidata del sistema di conversione del biogas prodotto dall'impianto per tale applicazione, è quella de motore a combustione interna, a ciclo Diesel o Otto.

I motori Diesel possono attualmente essere distinti in:

- motori Diesel trasformati a gas tramite modifica di teste, pistoni, bronzine ed altro;
- motori a gas "nativi", progettati specificamente per funzionare a gas metano o biogas;
- soluzioni *dual-fuel*, ovvero motori Diesel parzialmente alimentati a gas metano o biogas.

I motori *dual-fuel*, fanno sì che sia possibile utilizzare una miscela dei due carburanti in modo tale da risolvere sia il problema di un'efficiente lubrificazione del motore, sia quello del basso potere calorifico del biogas (in quanto contiene il 20÷50 % di CO₂).

Un motore di questa tipologia viene avviato a gasolio, e poi viene gradualmente aggiunto biogas fino a ridurre il tenore di gasolio al 10÷20 % del volume. Lo svantaggio di tale soluzione è che le emissioni di CO sono 10 volte superiori rispetto a quelle che si avrebbero utilizzando solo biogas, soluzione possibile utilizzando motori appositamente progettati. Il rendimento globale di conversione del biogas nel motore è dell'80÷90 % con un rendimento elettrico di circa il 40% e termico del 40÷50 %.

Tuttavia, nella maggior parte delle applicazioni, i motori a ciclo Otto funzionano a gas naturale o a biogas, mentre i motori a ciclo Diesel, bruciano soprattutto gasolio, biodiesel ed olio vegetale.

7.5 Le biomasse in Italia

Per fornire un'immagine della situazione del nostro Paese in maniera più specifica rispetto a quella vista nel Capitolo 3, si prende di seguito come riferimento un documento redatto dal GSE nel febbraio 2011⁴¹, con dati relativi fino all'anno 2009.

Il documento, a cura dell'Ufficio Statistiche, intende fornire un quadro dell'utilizzo delle biomasse, comprensive della parte biodegradabile dei rifiuti, nella produzione di energia elettrica.

Le biomasse sono state analizzate secondo la classificazione: biomasse solide, rifiuti biodegradabili, biogas e bioliquidi.

7.5.1 Numerosità e potenza degli impianti a biomasse in Italia

In Tabella 7.5.1.1 sono riportate numerosità⁴² e potenza efficiente lorda degli impianti alimentati da biomasse. Per definizione queste grandezze vengono calcolate al netto di quegli impianti che utilizzano prevalentemente combustibili tradizionali ma che allo stesso tempo concorrono nella determinazione della produzione totale da biomasse.

Tra il 2008 e il 2009, gli impianti a biomasse sono aumentati di 67 unità, la loro potenza efficiente lorda del 29,8%.

Tabella 7.5.1.1 - Numerosità e potenza degli impianti a biomasse in Italia.

	2008		2009		Var % 09/08	
	n°	kW	n°	kW	n°	kW
Solidi	110	1.068.485	122	1.255.406	10,9	17,5
– rifiuti solidi urbani	65	619.475	69	781.964	6,2	26,2
– da biomasse solide	45	449.010	53	473.442	17,8	5,4
Biogas	239	365.648	272	378.181	13,8	3,4
– da rifiuti	193	306.980	194	299.254	0,5	-2,5
– da fanghi	11	5.822	20	9.922	81,8	70,4
– da deiezioni animali	19	12.678	28	17.170	47,4	35,4
– da attività agricole e forestali	16	40.168	31	51.835	93,8	29,0
Bioliquidi	12	121.209	42	384.967	250,0	217,6
– oli vegetali grezzi	8	54.509	35	302.543	337,5	455,0
– altri bioliquidi	4	66.700	7	82.424	75,0	23,6
Biomasse	352	1.555.342	419	2.018.554	19,0	29,8

⁴¹ Rapporto statistico GSE, *Biomasse*, febbraio 2011.

⁴² In un impianto (centrale) possono coesistere più sezioni alimentate con diverse tipologie di biomasse. Per cogliere questa molteplicità, la numerosità rappresenta nella classificazione per combustibile tutte le sezioni alimentate con quella specifica tipologia di biomassa. E' invece pari, a livello complessivo, al numero di impianti presenti in Italia.

7.5.2 Evoluzione della numerosità e della potenza degli impianti a biomasse in Italia

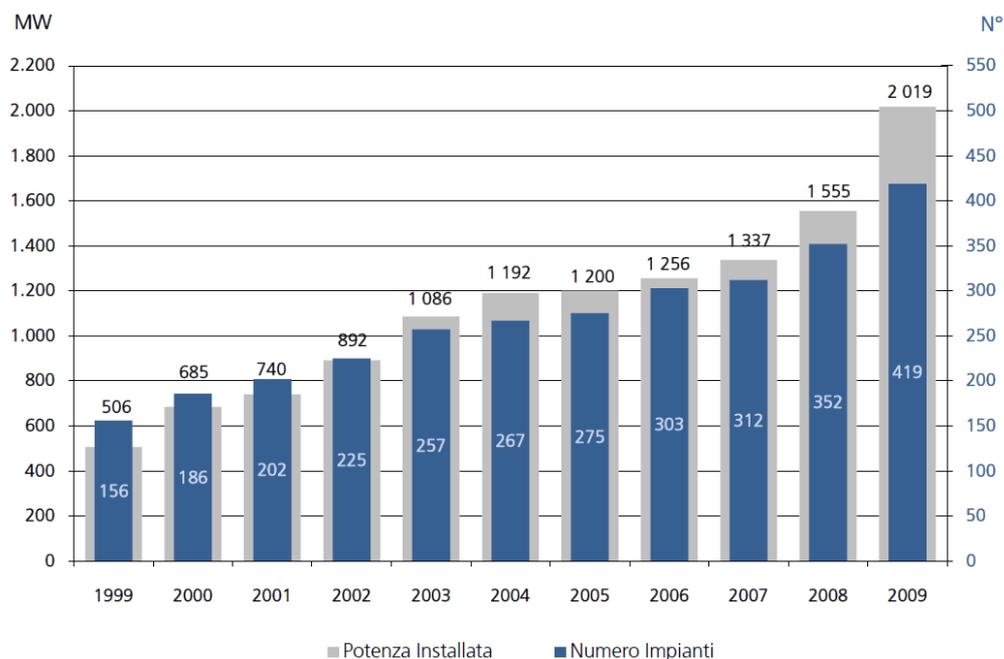


Figura 7.5.2.1 - Evoluzione della numerosità e della potenza degli impianti a biomasse in Italia.

Nell’arco temporale compreso tra il 1999 e il 2009, il parco impianti a biomasse è cresciuto in maniera considerevole: il tasso medio annuo di crescita è stato pari al 10,4% per la numerosità e al 14,8% per la potenza installata. Tale crescita è stata caratterizzata da una dimensione media, in termini di potenza, anno per anno sempre più consistente: gli impianti nel 1999 avevano una potenza installata media pari a 3,2 MW cresciuta fino a 4,8 MW nel 2009.

Tabella 7.5.2.1 - Valore medio della potenza installata dal 2004 al 2009.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Taglia Media (MW)	4,5	4,4	4,1	4,3	4,4	4,8

7.5.3 Evoluzione della potenza installata degli impianti a biomasse in Italia Secondo tipologia di impianto



Figura 7.5.3.1 - Evoluzione della potenza installata degli impianti a biomasse in Italia, secondo tipologia di impianto.

La composizione del parco impianti a biomasse è caratterizzata dagli impianti alimentati da biomasse solide e da rifiuti solidi urbani che rappresentano circa il 62% del totale della potenza installata. Gli impianti alimentati con biogas sono numerosi e caratterizzati da una dimensione media ridotta, pari a circa 1,4 MW.

Tabella - Valore medio della potenza installata dal 2004 al 2009, suddiviso per tipologia.

Taglia Media (MW)	2004	2005	2006	2007	2008	2009
RSU	9,5	9,6	8,8	9,3	9,5	11,3
Biomasse solide	10,1	9,3	9,1	8,8	10,0	8,9
Biogas	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4
Bioliquidi	-	-	-	-	10,1	9,2
Biomasse	4,5	4,4	4,1	4,3	4,4	4,8

7.5.4 Numerosità e potenza degli impianti a biomasse nelle Regioni

Tabella 7.5.4.1 - Numerosità e potenza degli impianti a biomasse nelle Regioni.

Biomasse	2008		2009		Var % 2009/2008	
	n°	MW	n°	MW	n°	MW
Piemonte	28	70,9	30	74,5	7,1	5,1
Valle d'Aosta	1	0,8	1	0,8	-	-
Lombardia	68	409,1	90	460,5	32,4	12,6
Trentino Alto Adige	14	22,0	22	26,6	57,1	20,9
Veneto	40	117,0	46	121,9	15,0	4,2
Friuli Venezia Giulia	5	18,9	5	18,9	-	-
Liguria	8	13,4	9	16,8	12,5	25,3
Emilia Romagna	50	299,2	64	370,8	28,0	23,9
Toscana	27	77,2	29	118,9	7,4	54,0
Umbria	10	25,5	12	27,7	20,0	8,6
Marche	13	13,8	16	16,0	23,1	15,6
Lazio	14	77,8	18	83,8	28,6	7,7
Abruzzo	4	5,1	6	6,2	50,0	22,2
Molise	3	40,7	3	40,7	-	0,1
Campania	16	42,8	18	202,7	12,5	373,6
Puglia	28	139,0	23	183,0	-	17,9
Basilicata	2	23,8	2	32,0	-	34,6
Calabria	9	123,6	10	119,9	11,1	-
Sicilia	5	19,0	6	25,4	20,0	33,6
Sardegna	7	15,8	9	71,5	28,6	352,4
ITALIA	352	1.555,3	419	2.018,6	19,0	29,8

A differenza di altre fonti rinnovabili, gli impianti a biomasse sono presenti in tutte le Regioni italiane seppur con una concentrazione diversa.

Oltre il 50% della potenza installata è localizzata in sole tre Regioni: la Lombardia, l'Emilia Romagna e la Campania; la Lombardia possiede circa il 21% degli impianti e il 23% della potenza installata rispetto all'intero territorio nazionale. Una diffusione rilevante si registra anche in Emilia Romagna, 15% degli impianti e 18% della potenza installata, e Campania, rispettivamente 4% e 10%.

7.5.5 Produzione degli impianti alimentati da biomasse in Italia dal 2004 al 2009

Tabella 7.5.5.1 - Produzione degli impianti alimentati da biomasse in Italia dal 2004 al 2009.

GWh	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Var % '08/'09
Solidi	3.328,7	3.477,1	3.771,0	3.810,0	4.302,3	4.443,9	3,3
– da RSU biodegradabili	1.138,3	1.309,9	1.458,3	1.512,5	1.556,2	1.616,2	3,9
RSU non biodegradabili	(1.138,3)	(1.309,9)	(1.458,3)	(1.512,5)	(1.556,2)	(1.616,2)	(3,9)
– da biomasse solide	2.190,4	2.167,2	2.312,7	2.297,5	2.746,1	2.827,7	3,0
Biogas	1.170,2	1.198,0	1.336,3	1.447,3	1.599,5	1.739,6	8,8
– da rifiuti	1.038,4	1.052,3	1.176,8	1.247,3	1.355,1	1.447,4	6,8
– da fanghi	1,2	3,2	3,3	9,0	14,8	20,1	35,5
– da deiezioni animali	18,5	25,7	44,7	53,3	69,8	88,4	26,7
– da attività agricole e forestali	112,1	116,8	111,5	137,7	159,8	183,7	15,0
Bioliquidi	-	-	-	-	64,5	1.447,8	2.144,1
– da altri bioliquidi	-	-	-	-	59,0	1.441,5	2.342,4
– da biodiesel	-	-	-	-	0,4	1,3	189,5
– da rifiuti liquidi biodegradabili	-	-	-	-	5,1	5,0	- 0,1
Biomasse	4.498,9	4.675,1	5.107,3	5.257,3	5.966,3	7.631,3	27,9
Biomasse + RSU non biodegradabili	5.637,2	5.984,9	6.565,6	6.769,7	7.522,4	9.247,5	22,9

La Tabella 7.5.5.1 della produzione degli impianti alimentati da biomasse evidenzia una crescita media annua pari al 11,1% nel periodo compreso tra il 2004 e il 2009 ed una variazione 2009 su 2008 pari al 27,9%.

In particolare la produzione da solidi è incrementata dal 2004 al 2009 al tasso medio annuo del 5,9%⁴³, quella da biogas dell'8,3%.

La produzione da bioliquidi nel 2009 è stata pari a 1.447,8 GWh, tra il 2008 e il 2009 è cresciuta del 2.144%, poiché questi impianti hanno iniziato ad avere rilevanza a partire dal 2008 e nel corso del 2009 hanno avuto un forte sviluppo.

⁴³ Somma dei rendimenti annui divisa per il numero di anni considerati (5).

7.5.6 Distribuzione regionale della produzione da biomasse nel 2009

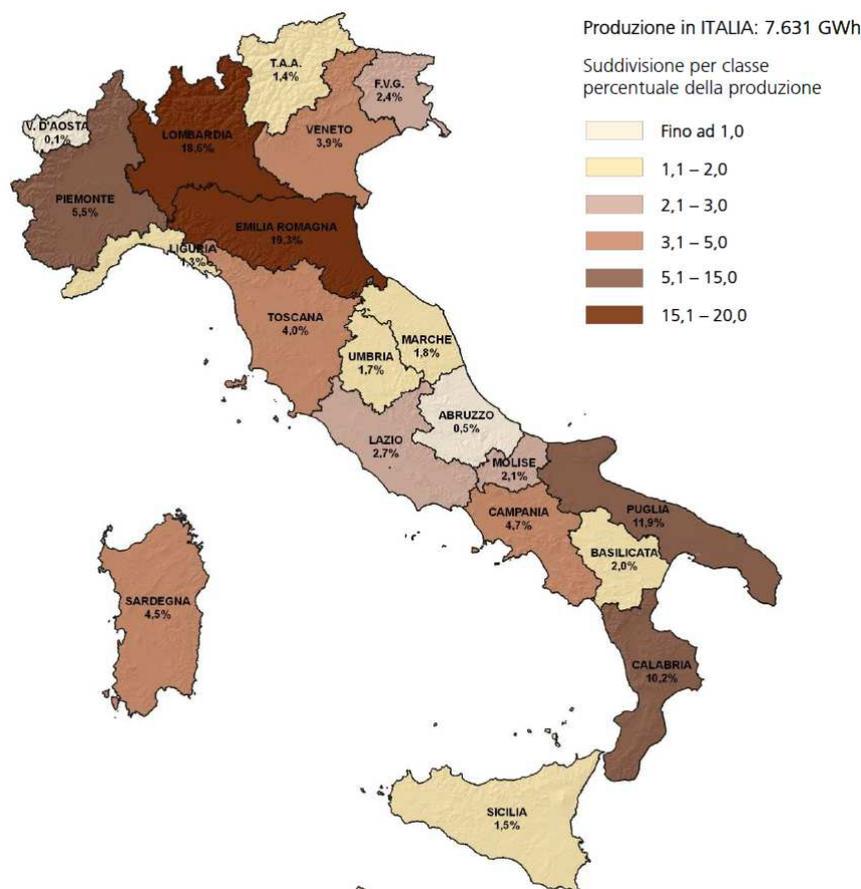


Figura 7.5.6.1 - Distribuzione regionale della produzione da biomasse nel 2009.

La distribuzione regionale della produzione da biomasse mostra una buona diffusione in Italia settentrionale di questa tipologia di fonte, con la Regione Emilia Romagna al primo posto (19,3%). In Italia centrale il Lazio con il 2,7% presenta il valore più elevato.

Nel Mezzogiorno si distinguono la Puglia e la Calabria, rispettivamente con l'11,9% ed il 10,2%. Riguardo alle Isole, la Sardegna si attesta sul 4,5%, mentre la Sicilia presenta un valore più modesto, pari all'1,5%.

Quanto visto fino ad ora è tratto da un documento estremamente completo e dettagliato, pubblicato nel 2011 ed elaborato con i dati disponibili relativi agli anni 2008 e 2009.

Tuttavia, secondo fonti meno dettagliate ma più aggiornate, in Italia attualmente esistono 670 impianti di trattamento delle biomasse corrispondenti ad una potenza installata di circa 2,5 GWe. Di questi 97 sono nel situati nel Mezzogiorno: 25 in Puglia, 22 in Campania, 12 in Calabria, 11 in Sicilia, 5 in Basilicata, 12 in Sardegna, 7 in Abruzzo e 3 in Molise. In totale il Meridione ospita il 31% della potenza installata, ma da un punto di vista regionale, la Lombardia rimane ancora al primo posto.⁴⁴

⁴⁴ <http://www.pmi.it/economia/green-economy/>, *Rinnovabili in Italia: i numeri 2012*, 6 Luglio 2012.

8. RELAZIONE TECNICO - DESCRITTIVA DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE DA BIOGAS

8.1 Introduzione

In questo Capitolo si riportano le principali caratteristiche costruttive dell'impianto di cogenerazione da biogas che sarà, nel prossimo Capitolo, oggetto dell'analisi economica, obiettivo del presente lavoro. Il biogas è ottenuto dalla digestione anaerobica di reflui zootecnici e biomasse vegetali e sarà utilizzato in un motore a combustione interna per la produzione contemporanea di energia elettrica e energia termica.

Le informazioni sono tratte da una relazione tecnico - descrittiva svolta da Galileia S.r.l. relativa all'impianto di produzione di energia elettrica da biogas della Società 1. I due soci, entrambi imprenditori agricoli, ritengono indispensabile riuscire a realizzare un impianto di questo tipo, vista la continua evoluzione dei mercati e dei prezzi dei prodotti agricoli che spingono l'imprenditore agricolo a differenziare l'offerta di cui dispone.

Tale impianto sarà situato in un Comune della Provincia di Padova ed avrà una potenzialità di 600 kW, con un funzionamento di 8.000 h/a, producendo 4.464 MWh di energia elettrica al netto degli autoconsumi.

L'energia elettrica verrà immessa nelle linee ENEL, mentre il digestato prodotto sarà riutilizzato per la concimazione dei terreni messi a disposizione dai soci.

Inoltre, il cogeneratore produrrà energia termica che verrà utilizzata sotto forma di acqua calda per le esigenze tecnologiche aziendali (riscaldamento dei fermentatori).

Uno schema semplificato del processo è riportato in Figura 8.1.1.

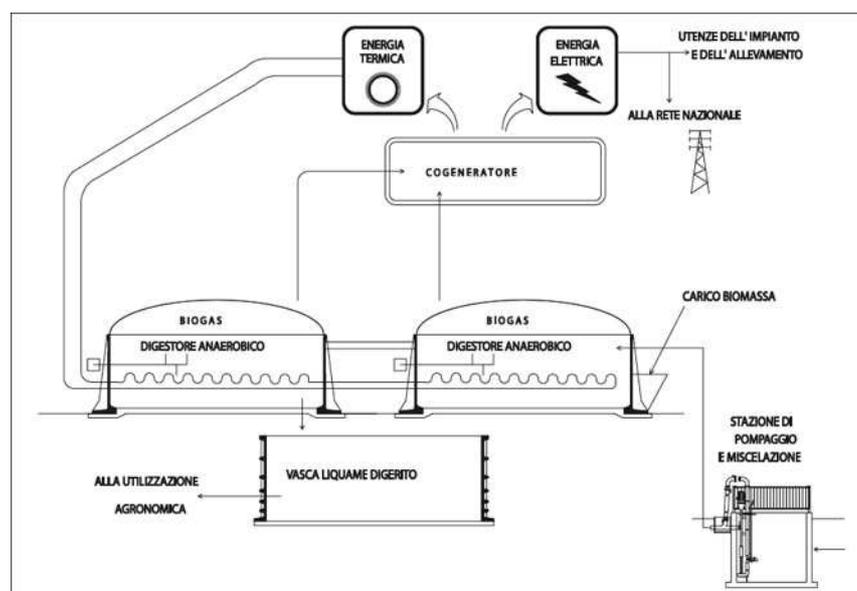


Figura 8.1.1-Schema semplificato dell'impianto.

L'impianto di trasformazione della biomassa in combustibile per la produzione di energia elettrica e termica si compone delle seguenti sezioni impiantistiche:

- vasche di stoccaggio delle biomasse;
- sezione di caricamento materiali;
- idrolisi nella prevasca di miscelazione a media temperatura;
- digestione anaerobica.

La corretta gestione dell'impianto in tutte le sue componenti permette la massimizzazione della produzione di biogas e quindi una maggiore quantità di energia elettrica e termica disponibili all'utenza.

Le operazioni che permettono quindi di ottenere ottimi risultati in termini di produzione finale sono:

- elevata miscelazione delle biomasse effettuata con pompe di circolazione ad elevata portata e miscelatori a elica;
- rapporti volumetrici dei reattori adatti a favorire la miscelazione e ad impedire fenomeni di segregazione e accumulo di sostanze solide;
- utilizzo di pompe tritratrici per migliorare la dispersione delle biomasse e quindi migliorarne l'attacco batterico;
- gestione esterna, e quindi facile da manutentare, di tutti i sistemi a supporto del processo;
- utilizzo di gasometro sulla sommità del digestore per garantire un sufficiente polmone di biogas utile a un funzionamento in continuo del cogeneratore.

8.2 Biomasse disponibili ed utilizzate

Il digestore sarà alimentato con una miscela di reflui (provenienti dagli allevamenti suini), e di insilati di graminacee (silomais, tritcale, pastone di mais oppure in alternativa loiessa e sorgo).

Viste le loro caratteristiche, la scelta dell'utilizzo di queste colture rende possibile lo sfruttamento del doppio raccolto sui terreni dell'azienda limitando così i rischi estivi. Infatti, con il doppio raccolto annuale si riesce a sopperire al 77% del fabbisogno dell'impianto; il restante 23% sarà acquistato nel mercato.

I reflui zootecnici derivano tutti dall'allevamento aziendale e già stoccati nelle apposite vasche. La produzione dei substrati è pressoché costante durante tutto l'arco dell'anno, pertanto non si necessita di prevedere ulteriori depositi in ingresso all'impianto oltre a quanto già esistente.

I substrati hanno essenzialmente la funzione di inoculare nella massa la carica batterica anaerobica necessaria all'innescio del sistema di reazioni atte alla produzione di biogas; per questo motivo deve essere garantito un conferimento immediatamente successivo alla deiezione.

In Tabella 8.2.1 si indica il fabbisogno annuale e giornaliero di biomassa per il funzionamento dell'impianto di produzione di biogas, che costituisce la ricetta "base". Nel corso degli anni la ricetta di alimentazione potrà essere variata, ma sempre tenendo conto della successione delle colture.

In Tabella 8.2.2 si indica un bilancio relativo alla produzione di energia elettrica, e la ripartizione tra prodotti di origine aziendale e prodotti di origine extra-aziendale.

Il funzionamento reale è previsto e rapportato a 8000 ore/anno tenuto conto dei fermi per manutenzione o guasti.

In sintesi l'impianto richiede annualmente:

Tabella 8..2.1 - Fabbisogno annuale di biomassa e liquami.

CALCOLO DELLA BIOMASSA IMPIEGATA							
Materiale colture	ha	resa annua t/ha	prod. annua t	di cui per alimentaz. stalla	biomassa disponibile impianto	sost. secca % ss	sostanza secca ton
produzioni Aziendali:							
silomais 1°racc	40,00	58	2320	0	2320	33%	765,60
tritcale 1°racc.	50,00	32	1600	0	1600	38%	608,00
loietto 1° racc	24,00	35	840	0	840	35%	294,00
mais ceroso 2° racc	50,00	48	2400	0	2400	33%	792,00
Sorgo cer. 2° racc	24,00	65	1560	0	1560	22%	343,20
totale ha impiegati	114,00				8.720		
Acquisti esterni:							
mais pastone pann.					1.130	65,0%	734,50
Materiale proveniente dalla stalla		mc/anno tonn/anno				sost. secca % ss	sost. secca ton
LIQUAME		4041			4041	6,0%	242,46
					13.891		3.780

Con le seguenti produzioni energetiche:

Tabella 8.2.2-Bilancio energetico in relazione alla tipologia e derivazione dei substrati in ingresso.

PRODUZIONE ENERGETICA: GAS - ENERGIA ELETTRICA										
Materiale colture	Quantità annuale	% di solidi volatili	Quantità s.v.	produz biogas	biogas annuale	% di CH ₄	Energia elettrica ¹	Energia elettrica	Energia elettr.	%
	ton s.s.		t	mc/kg sv	mc		Kw h _g /mc	Kwh/anno	Kwh/ora	
prod. Aziendali:										
silomais 1°racc	765,60	95,8%	733,44	0,667	489.055	52,2%	2,129	1.041.000	130,13	21,7%
triticale 1°racc.	608,00	93,2%	566,66	0,536	303.728	52,4%	2,137	648.990	81,12	13,5%
loietto 1° racc	294,00	85,6%	251,66	0,592	148.985	54,6%	2,226	331.710	41,46	6,9%
mais ceroso 2° racc	792,00	95,8%	758,74	0,667	505.919	52,2%	2,129	1.076.897	134,61	22,4%
Sorgo cer. 2° racc	343,20	90,3%	309,91	0,510	158.173	52,6%	2,145	339.266	42,41	7,1%
LIQUAME (mc)	242,46	85,0%	206,09	0,471	97.069	60,0%	2,447	237.495	29,69	4,9%
TOTALE DI DERIVAZIONE AZIENDALE								3.675.358	459	77%
Acquisti Esterni:										
mais pastone pann.	734,50	97,9%	719,08	0,730	524.609	52,6%	2,145	1.125.238	140,65	23,4%
TOTALE DI EXTRA-AZIENDALE								1.125.238	141	23%
totali	3.780		3546		2.227.538			4.800.596		100%
Potenza installabile da Biogas kw _e								600		

Nota¹ Rendimento Elettrico Netto = 42,5% P.C.I. gas naturale 8250 Kcal/Nm³ pari a 9,59475 KWh/m³

La produzione agricola deve essere raccolta ad un grado di maturazione atto a garantire le percentuali di sostanza secca ed organica previste a progetto e stoccata in silos. Tale prodotto ha caratteristiche paragonabili ai foraggi insilati per uso zootecnico.

La quota di energia elettrica derivante da trasformazioni di prodotti agricoli aziendali, come risulta dalle Tabelle, è del 77%, il che consente il mantenimento dell'impianto nell'ambito di "attività agricola", aspetto rilevante per il regime fiscale.

Senza entrare nel dettaglio, la tassazione della produzione di energia da biomasse è legata al fatto che questa attività rientri o meno tra le "attività agricole connesse". Queste sono definite come attività esercitate dall'imprenditore agricolo e dirette alla manipolazione, conservazione, trasformazione, commercializzazione e valorizzazione che abbiano ad oggetto prodotti ottenuti prevalentemente dalla coltivazione del fondo o del bosco o dall'allevamento di animali (...) ⁴⁵.

Le attività agricole "connesse", qualora siano svolte in aggiunta all'attività agricola principale, permettono di:

- mantenere la qualifica di coltivatori diretti o di imprenditori agricoli professionali;
- beneficiare di un sistema di tassazione agevolata.

Si richiama l'attenzione sul requisito della "prevalenza" dell'uso dei propri prodotti agricoli per l'attività di produzione di energia, rispetto a quelli acquistati da terzi, necessario perché si configuri un'attività "connessa".

⁴⁵ Art. 2135 del Codice Civile (modificato dal Dlgs n.228/2001).

8.3 Stoccaggio delle biomasse

8.3.1 Stoccaggio biomasse vegetali

La produzione di differenti biomasse di primo e secondo raccolto, oltre a massimizzare la resa dei terreni, estende il periodo di raccolta tra aprile e settembre.

Senza entrare nel dettaglio, si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei periodi indicativi di raccolto.

Tabella 8.3.1.1 – Periodi indicativi di raccolto.

Biomassa	Periodo	Superficie [ha]	Quantità [ton]
Triticale	Aprile	50	1.696
Loietto	Aprile	24	840
Silomais 1° racc	Agosto	40	2.320
Silomais 2° racc	Settembre	50	2.544
Silosorgo 2° racc	Settembre	24	1.560
Pastone di mais	Settembre	Extra aziendale	1.130

Le matrici vegetali, saranno stoccate in attesa di essere avviate al processo di digestione, in trincee in cemento realizzate con pareti e pavimento in calcestruzzo di tipo industriale. Sono previsti 5 silos orizzontali di varie dimensioni e capacità in zona adiacente ai digestori (dimensioni medie: 45,00 m, 12,00 m, 4,00 m; capacità media: 2.000 mc; capacità complessiva: 10.196 mc).

Tutte le trincee verranno utilizzate per lo stoccaggio della biomassa. I quantitativi di biomassa necessari al funzionamento dell'impianto saranno i seguenti:

- mais ceroso tra primo e secondo raccolto aziendale: $\text{ton } 4720 / 0,90 \text{ ton/mc} = 5.244 \text{ mc}$;
- insilato di triticale aziendale: $\text{ton } 1600 / 0,90 \text{ ton/mc} = 1.778 \text{ mc}$ (1.185 mc per 8 mesi);
- insilato di loietto aziendale: $\text{ton } 840 / 0,90 \text{ ton/mc} = 933 \text{ mc}$ (622 mc per 8 mesi);
- sorgo ceroso aziendale: $\text{ton } 1560 / 0,90 \text{ ton/mc} = 1733 \text{ mc}$;
- pastone di mais in pannocchia extra aziendale: $\text{ton } 1130 / 0,95 \text{ ton/mc} = 1.190 \text{ mc}$

Il volume complessivo di biomassa da stoccare per tutto l'anno sarà circa pari a mc 10.878 tra aziendale ed extra-aziendale

8.3.2 Stoccaggio dei reflui zootecnici da avviare a processo di digestione

I reflui per alimentare l'impianto provengono da due allevamenti distinti ma del medesimo proprietario.

I reflui prodotti dal primo allevamento verranno stoccati, in attesa di essere avviati al processo di digestione, in una vasca in cemento interrata esistente che si trova in posizione centrale rispetto all'allevamento e trasferiti all'impianto per mezzo di una linea interrata che giunge al locale tecnico e successivamente pompata nella vasca di premiscela.

I reflui del secondo allevamento invece, saranno conferiti mezzo botte su trattrice. La frequenza dei trasporti sarà funzione della produzione e della capacità della botte.

8.4 Descrizione dei componenti dell'impianto di digestione

8.4.1 Vasca di premiscela

La vasca di premiscela è il primo componente che costituisce l'impianto di digestione. Lo scopo di tale vasca è quello di permettere di preparare e miscelare le biomasse vegetali e i reflui prima di inviarli ai digestori. All'interno di questa vasca avverrà la diluizione della biomassa mediante l'aggiunta di parti liquide e la triturazione mediante mezzi meccanici, in modo da diminuire la viscosità della sostanza organica e permetterne così la movimentazione mediante pompe.

Quotidianamente la vasca di premiscela verrà riempita mediamente con 27 ton di biomassa, 11 mc di liquami e circa 2,9 mc/g di acqua (acqua di prima pioggia). A questa saranno aggiunte 50 mc/g di frazione liquida del digestato di ricircolo proveniente dalla vasca temporanea chiarificato.

La miscela così ottenuta avrà una percentuale di solido pari a circa il 13,5% di sostanza secca, tale da essere pompabile.

Effettuato il riempimento, un apposito tritratore abbinato ad una coppia di pompe volumetriche a lobi, manterrà la circolazione della miscela pescandola dal fondo della vasca e rigettandola sminuzzata nella parte alta della stessa. Al fine di formare una miscela omogenea è prevista l'installazione all'interno della vasca di 2 agitatori meccanici.

La miscela così preparata verrà quindi inviata con cadenze di circa due ore ai relativi digestori per la digestione anaerobica.

La vasca sarà realizzata in cemento armato e sarà dotata di impianto di riscaldamento a pavimento per permettere di regolare la temperatura della biomassa al suo interno a valori di circa 30-35 °C in modo da evitare bruschi abbassamenti della temperatura del digestore nella fase di carico.

La bocca di carico sarà dotata di una botola per la chiusura dopo le fasi di alimentazione del materiale.

8.4.2 Digestori anaerobici primari

I digestori anaerobici sono la parte fondamentale dell'impianto di digestione e costituiscono il componente in cui si forma il biogas.

La biomassa pretrattata nella vasca di miscelazione verrà inviata in frazioni di circa 4 mc ogni 2 ore all'interno di ogni digestore. Ad ogni carico di nuovo materiale organico, del materiale digestato fluirà attraverso opportuni troppi pieni per gravità per raggiungere la vasca di scarico digestato.

Affinché il materiale organico si possa completamente decomporre e produrre tutto il biogas potenzialmente producibile è necessario che la biomassa possa stazionare all'interno dei digestori per un periodo, chiamato tempo di stazionamento, variabile fra i 35 e i 45 giorni.

Il tempo di stazionamento minimo richiesto, unitamente ai flussi di massa della biomassa proveniente dalla vasca di miscelazione, porta a prevedere la realizzazione di 2 digestori anaerobici aventi una capacità di 1.507 mc/cad.

Ciascun digestore primario è realizzato completamente fuori terra e appoggiano su opportuno basamento realizzato in cemento armato idoneo a reggere la spinta idrostatica dei fanghi in esso contenuti.

I digestori sono realizzati completamente in acciaio di forma cilindrica in conformità ad una collaudata tecnologia tedesca. Avranno una base con diametro di 16 m, un'altezza utile di 7,5 m e un'altezza totale massima H di 15,35 m fuori terra.

Affinché la digestione delle biomasse da parte delle colonie batteriche si sviluppi nel migliore dei modi, è necessario garantire all'interno dei digestori delle condizioni particolari quali: assenza di ossigeno (ambiente anaerobico) e temperatura compresa fra i 38-40°C. Per tale motivo i reattori sono a tenuta stagna e vengono mantenuti alla giusta temperatura grazie alla coibentazione esterna realizzata mediante *tubazioni in PEX*⁴⁶ D. 17mm percorse da acqua calda proveniente dal circuito di riscaldamento servito dal cogeneratore.

L'efficienza del processo di digestione anaerobica dipende inoltre fortemente dalla miscelazione. La miscelazione è necessaria per assicurare la dispersione del fango all'interno del digestore, favorire un buon contatto tra reflui da trattare e batteri, per evitare zone morte, la stratificazione termica, la sedimentazione e la formazione di pellicole superficiali. Per tale motivo ogni digestore in oggetto sarà provvisto sia di pompa di ricircolo dei fanghi che di agitatore meccanico.

Il biogas prodotto viene estratto dal piccolo accumulo nella sommità del digestore e viene inviato all'impianto di trattamento di deumidificazione del biogas.

Per quanto riguarda le caratteristiche costruttive, il digestore è realizzato interamente in VERINOX, una pregiata combinazione di acciai legati dove la parte interna a contatto con gli agenti è rigorosamente in inox.

Per completezza si riportano di seguito le Tabelle riassuntive delle caratteristiche del digestore.

Tabella 8.4.2.1 - Caratteristiche dimensionali del digestore.

Modello	LPG 1500
Diametro del contenitore	16,00 m
Altezza del contenitore	11,00 m
Altezza di riempimento	7,50 m
Altezza complessiva con tetto	15,35 m
Volume della camera di digestione circa:	1507 m ³
Temperatura di lavoro nel raggio mesofilo	30 - 41° C
Colore Ral rivestimento	6011

⁴⁶ Tubi di polietilene reticolato. Hanno molte peculiarità che li rendono adatti al loro utilizzo in questa tipologia di impianti, ovvero: resistenza alla corrosione chimica ed elettrochimica, resistenza all'abrasione, assenza di incrostazioni e funghi, basso valore delle perdite di carico, lunga durata, atossicità.

Tabella 8.2.2 - Attrezzature a corredo del digestore.

Attrezzatura	St./Pz
Cuffia di stoccaggio gas integrata di circa 450 m ³ per lo stoccaggio gas senza pressione	1
Riscaldamento parete (Tubi diametro 17 x 2 mm)	1
Tetto	1
Rivestimento esterno in lamiera zincata tipo TP 35-207 esternamente colorata	1
Afflusso in acciaio inossidabile DN 150	1
Deflusso in acciaio inossidabile DN 150	1
Scarico con serranda in acciaio inossidabile DN 150 (per svuotamento)	1
Passo d'uomo in acciaio inossidabile DN 800	1
Presa estrazione gas in acciaio inossidabile DN 150	1
Ugello di iniezione DN 100 completo di pompa e tubazione DN 150 In acciaio inossidabile	1
Sicurezza di pressione	1
Impianto di omogeneizzazione	2
Indicatore contenuto di gas	1
Attacco per rilevamento della temperatura	1
Finestrino d'ispezione	2
Scala	1
Pedana	2

8.4.3 Vasca di scarico digestato

La biomassa digerita (digestato) proveniente per gravità dai troppo pieni dei digestori verrà raccolta nella vasca di scarico digestato. La vasca servirà da accumulo temporaneo della sostanza per alimentare il separatore solido liquido.

Tale vasca in cemento armato sarà realizzata parzialmente interrata in modo da garantire un facile deflusso del digestato dal digestore. Avrà una capacità tale da garantire un'autonomia di stoccaggio temporaneo del digestato proveniente dai digestori per più di 1 giorno.

Considerato che la vasca riceverà dai digestori circa 83 mc/giorno (pari al volume di alimentazione giornaliera – perdita in biogas), la sua capacità geometrica prevista è di circa 150 mc ottenuti realizzando una vasca A 7,0m B 6,0m H 3,5m.

Per evitare la formazione di sedimentazioni la vasca in oggetto sarà provvista di un agitatore meccanico in abbinamento alla pompa di rilancio del digestato al separatore solido liquido.

8.4.4 Separatore solido liquido

Nel caso in cui non sia possibile utilizzare il digestato semifluido come fertilizzante si attiverà il processo di separazione delle frazioni solida e liquida dello stesso.

Questa macchina avrà la capacità di trattare il 100% del digestato proveniente dai digestori, ma sarà attivata solo quando sarà preferito lo stoccaggio del digestato in fasi separate, liquida e solida.

La biomassa digerita raccolta nella vasca di scarico digestato verrà aspirata mediante pompa dedicata e inviata al separatore solido liquido che provvederà a separarne la frazione liquida.

Il separatore sarà del tipo a compressione elicoidale costituito da una coclea che spinge il digestato in un vaglio cilindrico, costituito da barre in acciaio. La frazione liquida filtra attraverso le fessure del vaglio, mentre la parte solida viene pressata dalla coclea contro un regolatore di portata, da tarare in base alle caratteristiche qualitative delle biomasse digerite, da dove fuoriesce. Anche il grado di compressione viene regolato sulla base delle caratteristiche della miscela trattata, in genere tramite un contrappeso.

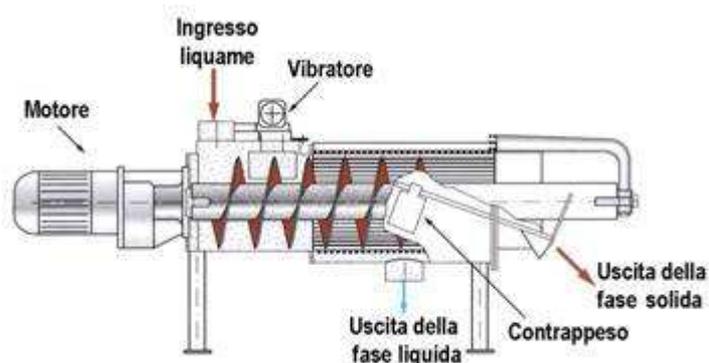


Figura 8.4.4.1 - Rappresentazione di un separatore a compressione elicoidale.

Il sistema consente di trattare gli 83 mc/g circa di biomassa digerita separando circa 4,2 t/g di solido palabile.

La fase liquida (78,8 mc/g) cadrà per gravità ad una vasca di accumulo temporaneo (vasca temporanea chiarificato). Successivamente una parte verrà utilizzata per alimentare i digestori (circa 50 mc/giorno), mentre la parte rimanente (28,8 mc/giorno circa) verrà inviata direttamente alla vasca stoccaggio chiarificato, dove resterà per i tempi di stoccaggio previsti per legge (180 giorni).

La fase solida verrà depositata temporaneamente nella trincea sottostante il vaglio separatore per distribuirli nei terreni aziendali, dopo i necessari tempi di stoccaggio (almeno 90 giorni).

8.4.5 Vasca temporanea chiarificato

Il chiarificato in uscita dal separatore verrà stoccato su una opportuna vasca in cemento armato con dimensioni di 6,5 m x 3 m x H 4 m, avrà capacità di 78 mc, quindi sufficiente per contenere circa la produzione giornaliera di chiarificato.

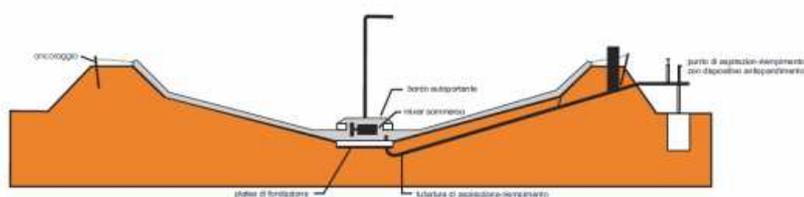
8.4.6 Vasca stoccaggio chiarificato

- n. 1 vasca rettangolare in calcestruzzo coperta, presente nell'allevamento adiacente al sito d'intervento, della capacità di 1.200 mc, suddivisa in 3 scomparti;
- n. 3 vasche circolari in calcestruzzo a raggio diverso, coperte, site nel secondo allevamento della ditta, distanti circa 1.400 metri dal sito d'intervento, della capacità di 1.800 mc;
- n. 4 contenitori a sacco, in tessuto poliestere rivestito internamente di polivinilcloruro (PVC) di tipo Flexy Tank da installare in 3 siti diversi della capacità complessiva di 2.400 mc (600 mc cadauno), di cui 2 contenitori situati nella sede dell'impianto.

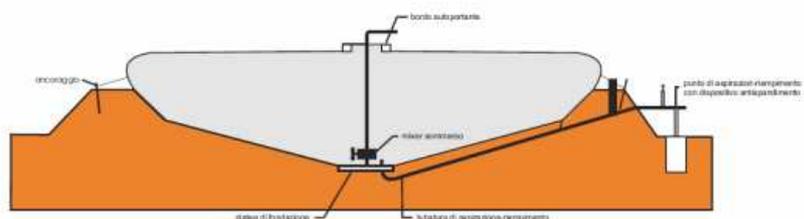
La capacità complessiva risulta quindi pari a circa 5.400 mc di chiarificato. La parte liquida prodotta dall'impianto sarà pari a circa 10.500 mc/anno.

Le vasche di stoccaggio del digestato rispettano la normativa vigente in materia, ossia la DGR 2495/2006 e la DGR 2439/2007. La capacità di stoccaggio totale deve essere quindi di almeno 180 giorni, che corrispondono ad una produzione di digestato di 5.250 mc. Il volume netto a disposizione della vasche di stoccaggio del digestato è di 5.400 mc e quindi sufficiente per uno stoccaggio di almeno 180 giorni come richiesto.

Tale volume da stoccare è comprensivo del volume annuo delle acque meteoriche di prima pioggia. Il volume di acqua di prima pioggia da raccogliere annualmente è 1.050 mc⁴⁷.



Vasca di stoccaggio dei reflui zootecnici vuota



Vasca di stoccaggio dei reflui zootecnici piena

Figura 8.4.6.1 - Sezione dei nuovi sistemi di stoccaggio *bagtank*.

⁴⁷ Si veda Paragrafo 8.7.1 relativo agli scarichi idrici.

8.4.7 Stoccaggio frazione solida del digestato

La frazione solida, proveniente di risulta dal trattamento anaerobico del digestato, viene raccolta in una trincea attigua a quelle per la conservazione dell'insilato, realizzata con le stesse caratteristiche strutturali e costruttive, ma integrata da una copertura fissa che garantisce un riparo dagli agenti atmosferici del prodotto.

Dimensioni: (46,80 x 8,00 x 4,00) m = 1.498 mc.

La fase solida prodotta dall'impianto è pari a circa 4,23 ton/g corrispondenti a circa 8,46 mc/g. Considerando uno stoccaggio minimo di 90 gg. come da normativa vigente, serviranno almeno 762 mc di spazio disponibile per il refluo palabile.

8.4.8 Vasca antincendio

Essendo la parte superiore del digestore costituita da un accumulo pressostatico di biogas, l'attività in oggetto ricade fra le attività soggette al rilascio del Certificato Prevenzione Incendi dei Vigili del Fuoco. Le normative attuali prevedono la realizzazione di una rete antincendio composta da 2 idranti (uno per ogni digestore). Al fine di garantire una riserva idrica idonea ad alimentare i 2 estintori con una portata di 110 lt/min per 60 minuti, sarà necessario prevedere una vasca antincendio della capacità di 15 mq. Verrà pertanto realizzata una vasca interrata con capacità geometrica di 18 mc dedicati alla rete antincendio.

8.4.9 Vasca accumulo biomasse liquide

Al fine di diversificare i prodotti per la produzione di biogas e adattarsi alle possibilità di utilizzo di biomassa secondo le norme vigenti tempo per tempo, si prevede di ricavare un volume di stoccaggio per biomasse liquide. Le dimensioni interne sono di 7 m x 1,5 m x H 3 m, per una capacità geometrica di 35 mc.

Ad oggi non ne è previsto l'utilizzo.

8.4.10 Interconnessioni idrauliche

Tutte le vasche liquami, digestato chiarificato ecc, saranno realizzate con tubazioni in acciaio inox se installate aeree e in polietilene Alta Densità per le parti interrate.

8.4.11 Quadro elettrico di controllo e potenza impianto digestore

Il quadro in oggetto sarà composto da tre scomparti e sarà posizionato all'interno del vano tecnico localizzato in prossimità dei digestori.

Al suo interno il quadro presenta dei sistemi a microprocessore di tipo industriale che controllano la gestione di ogni singolo componente dell'impianto di digestione anaerobica ottimizzandone il funzionamento in modo automatico.

Inoltre ogni singola fase controllata può essere in qualunque momento forzata ad un funzionamento manuale o semiautomatico.

Essendo tutti i dati gestiti da PLC/PC i vari parametri dell'impianto possono essere storicizzati, archiviati e pubblicati mediante grafici di facile lettura.

8.5 Aspirazione e trattamento del biogas

Il biogas prodotto e stoccato nei gasometri ricavati sulla sommità dei digestori, viene inviato all'unità di cogenerazione, attraverso una serie di dispositivi atti a ridurre le impurità, eliminare le tracce di solfuri e l'umidità.

La purificazione del biogas avviene su una linea articolata in filtrazione grossolana, filtrazione fine e sistema di lavaggio con deumidificazione a freddo e precipitazione parziale dell'idrogeno solforato.

E' previsto a valle del sistema di purificazione, prima che il biogas venga immesso nel cogeneratore, un sistema di pressurizzazione dello stesso con la doppia funzione di pompaggio e post riscaldamento successivo alla deumidificazione. In prossimità del cogeneratore è prevista l'installazione di un analizzatore che darà in continuo la composizione del biogas in modo tale che il *software* che regola la carburazione del motore riesca sempre ad ottimizzare i rendimenti elettrici del cogeneratore.

8.6 Cogeneratore a biogas

8.6.1 Motore endotermico

Il motore utilizzato nell'impianto di produzione di energia elettrica sarà un motore marca **MWM mod. TCG 2016 V12 C** o equivalente, a 4 tempi, con accensione per scintilla (ciclo Otto) a combustione interna sovralimentato per turbocompressore della potenza di 600 kW elettrici.

Il sistema di carburazione particolarmente evoluto risulta idoneo per alimentazioni con gas povero quale il biogas da digestore.

La potenza termica introdotta è pari a 1.413 kW, valore inferiore alla soglia di 3.000 kW oltre la quale, per i motori alimentati a biogas, le emissioni in atmosfera sono considerate significative (Dlgs 152/06 art. 269, comma 14 lettera d). Non è perciò necessaria nessuna autorizzazione alle emissioni in quanto si tratta di un impianto considerato scarsamente rilevante ai fini dell'inquinamento atmosferico.

8.6.2 Generatore

Il generatore utilizzato nell'impianto di produzione di energia elettrica sarà di tipo sincrono trifase ruotando a 1500 giri/min genera potenza ad una tensione di 400 V e ad una frequenza di 50 Hz. Il rotore ruota ovviamente trascinato dal motore. La ventilazione degli avvolgimenti risulta garantita da una ventola calettata sull'albero del rotore (autoventilato).

Una scheda elettronica a bordo del generatore regola automaticamente la tensione e l'eccitazione in funzione del $\cos \varphi$ desiderato. Delle apposite sonde di temperatura poste negli avvolgimenti dello statore, inviano al quadro di controllo un segnale di allarme nel caso vengano superate le temperature limite di esercizio.

8.6.3 Sistema idraulico recupero termico / dissipazione acqua motore

Per poter funzionare in modo continuo, l'impianto di cogenerazione ha bisogno di un sistema idraulico per il raffreddamento del circuito primario e dell'olio motore.

Il tutto deve essere opportunamente dimensionato per gestire il normale funzionamento, ma deve anche essere prevista la modalità con cui affrontare una potenziale situazione di emergenza, con l'entrata in funzione di un ulteriore circolatore.

Il kit termico, che sarà appoggiato e fissato sul basamento di acciaio del motore, è costituito da un sistema di circolatori, scambiatori a piastre, valvole di intercetto, valvole di taratura, termometri, termostati, manometri e valvole termostatiche è stato progettato da Berica Impianti.

Tabella 8.6.2.1 - Specifiche tecniche del motore - generatore.

Dati tecnici 50 Hz – Applicazioni a gas di fogna, biogas e gas di discaricaNO_x <= 500 mg/m₃Gas di fogna (65% CH₄ / 35% CO₂)Biogas (60% CH₄ / 32% CO₂, resto N₂)Gas di discarica (50% CH₄ / 27% CO₂, resto N₂)Potere calorifico minimo H_u = 5,0 kWh/m³

Tubi gas di scarico asciutti

Tipo di motore		TCG 2016 V08 C	TCG 2016 V12 C	TCG 2016 V16 C
Potenza del motore ²⁾	kW	415	620	827
Regime	min ⁻¹	1500	1500	1500
Pressione media effettiva	bar	19,0	18,9	18,9
Temperatura gas di scarico	ca. °C	442	447	448
Portata gas di scarico umidi	ca. kg/h	2147	3224	4295
Portata aria comburente ²⁾	ca. kg/h	1979	2972	3959
Temperatura di aspirazione minimo/dimensionamento	°C	20/25	20/25	20/25
Portata aria di alimentazione ³⁾	ca. kg/h	11978	15968	20950

Generatore				
Rendimento ⁴⁾	%	96,5	96,7	96,8

Bilancio energetico				
Potenza elettrica ai morsetti ⁴⁾	kW	400	600	800
Calore acqua di raffreddamento	± 8 % kW	201	305	408
Calore miscela NT ⁷⁾	± 8 % kW	21	38	53
Calore gas di scarico fino a 150 °C	± 8 % kW	197	303	402
Irraggiamento motore	kW	19	23	30
Irraggiamento generatore	kW	15	20	26
Consumo di combustibile ⁸⁾	+ 5 % kW	941	1413	1882
Rendimento elettrico	%	42,5	42,5	42,5
Rendimento termico (gas di scarico raffreddati a 150 °C)	%	42,3	43,0	43,0
Rendimento totale	%	84,8	85,5	85,5

Parametri del sistema				
Portata acqua di raffreddamento motore min/max	m ³ /h	16/30	32/47	44/60
Motore/valore K _{vs} ⁹⁾	m ³ /h	30,8	37	39
Portata acqua di raffreddamento intercooler	m ³ /h	8	10	10
Intercooler/valore K _{vs} ⁹⁾	m ³ /h	10,4	10,4	10,4
Volume acqua di raffreddamento motore	dm ³	28	43	56
Volume acqua di raffreddamento intercooler	dm ³	5	5	5
Temperatura acqua di raffreddamento motore max. ¹⁰⁾	°C	84/91	84/91	84/91
- con glicol ¹⁰⁾	°C	(84/91)	(84/91)	(84/91)
Temperatura acqua di raffreddamento intercooler ¹⁰⁾	°C	50/52,3	50/53,4	50/54,7
Contropressione gas di scarico da/a	mbar	30/50	30/50	30/50
Perdita di carico max in aspirazione davanti al filtro	mbar	5	5	5
Pressione dinamica del gas da fissare come costante tra l'oscillazione di pressione +/- = 10 % ¹¹⁾	mbar	20...200	20...200	20...200
Batteria di avviamento 24 V, capacità richiesta	Ah	143	143	286

8.6.4 Rampa Biogas Motore

Premesso che il motore da installare funzionerà con pressione d'ingresso al collettore di aspirazione pari a 0 mbar, sarà prevista nelle immediate vicinanze del motore una rampa del gas⁴⁸ atta a ridurre la pressione dai 100 mbar di arrivo alla pressione di esercizio e a garantire la massima sicurezza di gestione. Tale rampa è stata dimensionata per una portata massima pari a 500 Nm³/h di biogas ed è costituita da una sequenza di valvole di intercettazione, elettrovalvole di sicurezza, filtri e sistemi elettronici di iniezione del biogas.

⁴⁸ La rampa del gas è un elemento costituente un sistema di combustione di gas atto a convogliare il combustibile dalla rete o dal serbatoio fino al bruciatore. Si può semplificare come un tratto di tubazione sul quale vengono montati una serie di apparecchiature e strumenti.

Non esiste un unico modello di rampa del gas, ma ciascun generatore di calore, sia esso una caldaia o un forno, necessita di una specifica rampa. Esse deve tenere conto di vari aspetti, come il gas di utilizzo, il tipo di applicazione e la potenza; per quanto riguarda invece la pressione di alimentazione, nelle applicazioni industriali spesso la pressione del gas in ingresso è elevata e, dal momento che le apparecchiature (in particolare i bruciatori) lavorano a valori notevolmente più bassi, occorre realizzare una riduzione di pressione; per questo motivo la rampa del gas può anche prendere il nome di stazione di decompressione o stazione di riduzione.

Ci sono poi altri componenti come:

- il misuratore di portata biogas
- il sistema sorveglianza fughe gas
- la marmitta silenziatrice
- la scatola portacatalizzatore
- il sistema ventilazione del vano motore
- il sistema di telecontrollo dell'impianto

8.6.5 Bilancio energetico

L'energia elettrica prodotta sarà immessa totalmente nelle rete di distribuzione nazionale a meno degli autoconsumi della centrale. Questi ammontano ad un 7% circa della totale produzione e sono necessari a mantenere in funzione il processo di formazione del biogas, del suo trattamento e del funzionamento del motore a combustione interna.

Relativamente all'energia termica, questa sarà impiegata principalmente per migliorare il processo di digestione riscaldando i digestori anaerobici. Mantenendo condizioni biologiche costanti, il processo risulta più veloce e permette la conversione in biogas di una maggiore quantità di sostanza fermentabile.

In cascata, l'energia termica disponibile sarà utilizzata per il riscaldamento degli uffici dell'azienda della Società 1, dell'allevamento di suini adiacente, dell'abitazione proprietà di una delle aziende agricole costituenti la società.

L'energia termica ancora disponibile dopo i citati impieghi sarà dissipata in atmosfera.

E' chiaro che, avendo potenzialmente a disposizione energia termica a costo nullo, è relativamente semplice l'avvio di ulteriori attività da parte della Società 1 per valorizzare tale flusso termico. Le attività possibili manterranno la connessione all'azienda agricola e potranno essere a titolo esemplificativo:

- raffrescamento degli allevamenti durante il periodo estivo. Attraverso un frigorifero ad assorbimento è possibile generare acqua refrigerata utilizzando come fonte energetica acqua calda ad almeno 85°C;
- riscaldamento di serre;
- essiccazione di prodotti agricoli o derivati (cereali, legname);

8.7 Opere ed attività accessorie

Un qualsiasi impianto richiede la realizzazione di varie opere ed attività ad esso connesse.

Nel progetto considerato, tra le opere essenziali ci sono la realizzazione di un sistema di scarichi idrici, la cabina di consegna ed una pesa.

Tra le attività, invece, si rendono necessarie valutazioni di carattere paesaggistico, relative all'impatto acustico e legate alla dismissione dell'impianto al termine del suo periodo di vita.

Particolare importanza assumono la fase di dismissione dell'impianto, ma anche la realizzazione degli scarichi idrici, sia per motivi di legge, sia perché l'acqua di prima pioggia costituisce una quota dell'apporto di acqua che deve giungere ai digestori.

8.7.1 Scarichi idrici

La realizzazione dell'impianto non comporta alcuno scarico in corpo idrico superficiale, ad eccezione delle acque raccolte dalle superfici impermeabilizzate.

A tale proposito deve essere precisato che il progetto prevede la separazione delle acque di prima pioggia⁴⁹, che potenzialmente potrebbero essere inquinate da residui derivanti dallo spostamento di materiali e dal percolato che si potrebbe produrre durante la maturazione della biomassa. La frazione separata è avviata alla prevasca dell'impianto per essere miscelata con la razione di alimentazione, mentre le rimanenti acque meteoriche sono destinate a confluire nella rete idrica superficiale.

Il volume di acqua di prima pioggia da raccogliere annualmente può essere stimato sulla base dei dati rilevati dall'analisi statistica delle serie storiche relative alla stazione meteorologica di Grantorto (PD) monitorata da ARPAV.

Si considera giorno piovoso quando il valore di pioggia giornaliero è ≥ 1 mm.

Il numero medio di eventi piovosi risulta di 84⁵⁰ eventi/anno. Ipotizzando in via cautelativa che al 50% degli eventi (42 giorni) corrispondano almeno 5 mm di precipitazione (trascorrendo inoltre il verificarsi di eventi con durata di più giorni o con frequenza inferiore alle 48 ore) e considerando una superficie impermeabile di 5000 mq, si ottiene un volume di acque meteoriche di prima pioggia da raccogliere ed inviare al processo di fermentazione pari a circa:

$$5.000 \text{ mq} * 0,005 \text{ m/evento} * 42 \text{ eventi/anno} = 1.050 \text{ mc/anno.}$$

Essendo tale volume assimilato ai reflui, nel bilancio di massa dell'impianto si dovrà considerare lo stoccaggio della prima pioggia per 180 giorni.

Per non impattare con l'attuale flusso delle acque dell'area si è opportunamente dimensionato un "bacino di laminazione" che consente di trattenere all'interno dell'area le relative acque meteoriche per rilasciarle alla rete di scolo esistente successivamente al normale deflusso oggi in essere.

⁴⁹ Per acqua di prima pioggia si intendono i primi 5 mm di acqua per ogni evento meteorico per ogni metro quadrato di superficie impermeabile dotata di rete drenante. Ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale quantitativo di acqua raggiunge la superficie in 15 minuti.

⁵⁰ Stazione meteorologica di Grantorto (PD) monitorata da ARPAV; parametro - precipitazione (giorni piovosi); media dei valori dall 1 gennaio 1996 al 31 dicembre 2005.

8.7.2 Dismissione

A fronte delle tecnologie di realizzazione e dei materiali impiegati, l'eventuale dismissione dell'impianto consentirebbe il recupero pressoché totale dell'impianto stesso e di molte delle attrezzature e parti accessorie. In particolare, trattandosi di un impianto di produzione di proprietà di un'azienda agricola ed ubicato in territorio prettamente ad utilizzo agronomico, alcune strutture (es. prevasca, impianto di distribuzione dei liquidi, fermentatori, vasca di stoccaggio, trincee di stoccaggio, ecc.) possono essere riconvertite e destinate al recupero, alla distribuzione ed allo stoccaggio dei reflui zootecnici o dei vegetali per la mangimistica. Altre parti che compongono l'impianto possono essere rivendute generando un ritorno economico (cogeneratore).

8.8 Il valore aggiunto per le imprese agricole

A differenza di altre filiere energetiche, quella del biogas ha alcune peculiarità che la rendono particolarmente interessante per il mondo agricolo:

- è molto elastica, in quanto può sfruttare una serie molto ampia di prodotti e sottoprodotti che altre filiere non utilizzano (effluenti zootecnici, sottoprodotti agroindustriali umidi, sottoprodotti animali), riducendo la competizione per l'approvvigionamento;
- è tipicamente corta: “nasce” corta perché utilizza prodotti che non possono percorrere molta strada in quanto umidi e “muore” corta perché deve gestire un residuo (digestato) che per ragioni economiche deve trovare collocazione nelle immediate vicinanze dell'impianto;
- è una filiera agricola perché la dimensione impiantistica va da 20 kW a 2-3 MW, consentendo a tantissime aziende di attrezzarsi per avere una valida alternativa/integrazione al reddito agricolo;
- è ecologicamente molto promettente perché, oltre a ridurre l'impatto degli allevamenti recuperando parte delle emissioni spontanee di metano dagli stoccaggi, consente di produrre energia elettrica risparmiando fonti fossili (cosiddetta tecnologia *Win-Win*, ovvero doppiamente vincente);
- permette di sfruttare anche l'energia termica di cogenerazione (riscaldamento domestico, essiccazione foraggi, ricoveri zootecnici, serre, utenze residenziali);
- può eventualmente portare alla produzione di biometano, ovvero biogas raffinato dall'anidride carbonica e altre impurità gassose, pronto per essere immesso in rete.

In definitiva la filiera del biogas è un'opportunità per il mondo agricolo, che può così diventare un protagonista nel raggiungimento degli obiettivi energetici nazionali e valorizzando le superfici agricole sottoutilizzate e i sottoprodotti agroindustriali.

E' quindi interessante considerare come possa venir visto un progetto di produzione di energia elettrica da biogas agli occhi di un imprenditore agricolo.

Trattasi appunto di una forma di investimento in un progetto industriale vero e proprio, ovviamente remunerativo per gli investitori, ma anche caratterizzato da un valore aggiunto intrinseco. Un progetto di questo tipo consente, infatti, di valorizzare, in quanto convertibile in energia elettrica sfruttabile, sottoprodotti e scarti che altrimenti necessiterebbero di essere smaltiti in altri modi dispendiosi in termini energetici ed economici, senza portare alcuna remunerazione.

Quindi, ricordando comunque l'importanza dei benefici ambientali e sociali che la realizzazione di un progetto può portare investendo in energia rinnovabile, si può facilmente intuire l'importanza che, agli occhi di un imprenditore agricolo, viene ad assumere una corretta valutazione economica del progetto centrata su investimento iniziale, spese e remunerazioni nel corso della vita dell'impianto.

9. STRUMENTI DI VALUTAZIONE – FOCUS SULL’IMPIANTO SOCIETÀ 1

Si vuole ora spiegare quali sono gli strumenti utilizzati per effettuare la valutazione di un progetto. Come si è detto, una corretta valutazione si basa sull’analisi dei flussi di cassa che il progetto porterà ad avere nell’arco della sua vita utile. Questi flussi di cassa non sono però costituiti semplicemente dai costi iniziali e di gestione e dai ricavi di esercizio, ma devono tenere conto di ulteriori voci legate, per esempio, alla tassazione e soprattutto alle modalità di finanziamento adottate. Ovvero è necessario conoscere innanzitutto le fonti finanziarie con cui è possibile coprire completamente la totalità degli impieghi di capitale e le modalità di rimborso richieste dai creditori, in quanto al variare di queste condizioni lo stesso progetto può essere più o meno conveniente. Successivamente verranno approfonditi i componenti principali della struttura di valutazione. Lo strumento adottato per effettuare la costruzione dei flussi di interesse per valutare la convenienza del progetto considerato, è costituita dal PEF, ovvero il Piano Economico Finanziario.

Il PEF è un foglio di lavoro contenente tutte le informazioni economiche (del progetto) e finanziarie (della struttura finanziaria) che si qualifica da un lato, come strumento di valutazione economica, attraverso la comparazione tra i costi e i ricavi attesi dalla realizzazione del progetto, stabilendo quantitativamente la convenienza dello stesso, e dall’altro, come elemento di valutazione finanziaria, relativamente alla capacità del progetto di servire il suo debito.

Quindi, il primo concetto da mettere in evidenza è la diversificazione tra la struttura economica del progetto in sé e la struttura finanziaria che definisce le fonti che lo sostengono; su queste ultime dovranno ovviamente essere pagati degli interessi.

Se si mettessero a confronto solamente i costi e i ricavi strettamente legati al progetto, il fine sarebbe quello di valutare la capacità dello stesso di produrre utili a prescindere dalla struttura finanziaria. Il modello di cui nella pratica si necessita, deve invece essere più completo, ovvero deve saper verificare la convenienza a realizzare il progetto, attraverso l’esame della previsione iniziale dei costi e dei ricavi attesi, nonché la sussistenza di margini ulteriori, considerando anche gli oneri relativi all’indebitamento dell’investitore. L’importanza di questo aspetto deriva dal fatto che gli investimenti intrapresi dalle società e dalle aziende, sono economicamente cospicui e il ricorso agli istituti finanziari è nella pratica scontato.

Quindi un’analisi di valutazione di un progetto è diretta a quantificare la redditività della totale gestione caratteristica dell’investimento. Sono messi a confronto i costi e i ricavi economici del progetto e, sul modello economico, viene poi inserito lo studio finanziario, consistente nell’identificazione del piano di finanziamento più idoneo per l’impresa.

Si giunge così ad un modello economico finanziario completo che consente di determinare se i ricavi derivanti dalla gestione delle opere sono in grado di coprire integralmente i costi operativi, gli accantonamenti, gli ammortamenti, lasciando margine per il rimborso del debito.

Affinché un qualsiasi progetto possa essere considerato conveniente, non basta che l’analisi economica dia valori positivi. In linea teorica la valutazione di un progetto deriva dal confronto di un indice di redditività dell’investimento con un indice di riferimento (*cut off rate*), che rappresenta la redditività minima richiesta a un progetto. Al di sotto del *cut off rate* il progetto risulta non essere conveniente. La valutazione del progetto, inoltre, verrà fatta non solo dal soggetto proponente, ma anche dai soggetti esterni interessati, ad esempio le banche, per le quali assumerà importanza decisiva la capacità del flusso di cassa, generato dal progetto, di rimborsare anno per anno la quota di capitale a cui si aggiungono gli interessi.

Nei prossimi paragrafi si illustrano i vari componenti del PEF di valutazione del progetto Società 1.

9.1 Gli elementi del piano economico finanziario

9.1.1 Principali dati di *input*

Per iniziare la valutazione di un progetto è necessario partire dai dati di *input*, ovvero da tutte quelle voci che devono essere previste e che vanno a definire il progetto in esame.

I dati di *input* possono essere classificati essenzialmente in due macro-voci: gli *input* di costruzione e gli *input* gestionali.

Gli *input* di costruzione comprendono tutte quelle voci legate alla fase iniziale del progetto, ovvero alla sua realizzazione. Non si tratta solamente di *input* economici, ma grande importanza assumono anche le date di riferimento, in quanto queste costituiscono i riferimenti temporali che scandiscono le varie fasi della realizzazione del progetto sotto analisi: costruzione, collaudo, gestione dell'esercizio e fine operatività.

La fase di costruzione e di progettazione dell'impianto della Società 1 ha inizio in data 01/01/2012, con durata di dieci mesi a cui si aggiungono due mesi di collaudo; la durata totale è quindi di dodici mesi. La fase di gestione dell'impianto inizierà in data 01/01/2013 ed avrà una durata di 15 anni⁵¹. L'impianto terminerà il suo esercizio in data 31/12/2027. La durata totale del periodo di analisi è quindi di 16 anni.

In Tabella 9.1.1.1 si riporta la tavola delle date di riferimento.

Tabella 9.1.1.1 - Date di riferimento.

DATE DI RIFERIMENTO	
Data inizio lavori	01/01/2012
Durata lavori di costruzione inclusa la progettazione (mesi)	10
Data fine lavori	31/10/2012
Durata collaudo (mesi)	2
Data inizio gestione	01/01/2013
Durata periodo di analisi totale (anni)	16
Data fine operatività	31/12/2027
Durata costruzione e collaudo (anni)	1
Durata gestione (anni)	15

⁵¹ Secondo quanto previsto dall'art. 2, comma 145 della Legge Finanziaria 2008.

L'investimento complessivo per la realizzazione del progetto risulta essere di €/000 3.480 (IVA esclusa) di cui:

1. €/000 2.805 (IVA esclusa) per costi di investimentotecnico, di cui:
 - €/000 1.650 per impianti e componenti;
 - €/000 1.003 per opere civili, urbanizzazioni, allacciamento ENEL ed altri costi;
 - €/000 152 per spese tecniche, consulenze ed altri costi;
2. €/000 675 di oneri non tecnici, di cui:
 - €/000 600 per cassa iniziale;
 - €/000 75 per oneri finanziari in fase di costruzione.

L'IVA ammonta ad €/000 452.

La totalità degli impieghi di capitale al lordo dell'IVA è quindi di €/000 3.932.

E' ora necessario comprendere come tali impieghi vengono coperti, ovvero le fonti di copertura diretta sono costituiti da:

1. €/000 555 di liquidità (mezzi propri), di cui:
 - €/000 255 di equity puro;
 - €/000 300 di debito subordinato;
2. €/000 2.925 di finanziamenti, di cui:
 - €/000 560 di elasticità di cassa (19%);
 - €/000 2.365 di finanziamento senior (81%);
3. €/000 452 di finanziamento IVA.

Dal momento che le fonti devono essere tali da coprire tutti gli impieghi di capitale, fonti ed impieghi si equivalgono, come illustrato schematicamente in Figura 9.1.1.1.

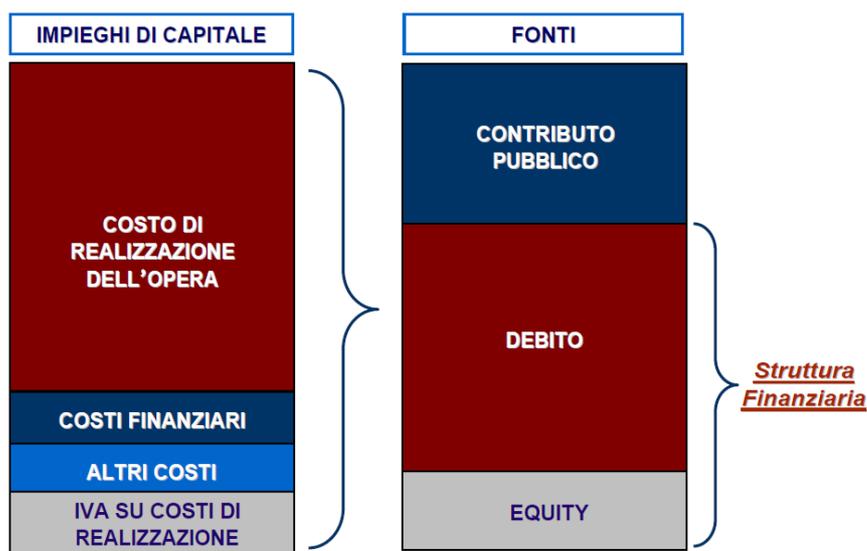


Figura 9.1.1.1 - Rappresentazione equivalenza fonti-impieghi.

Mentre l'*equity* puro è la quota di capitale versata dai soci per la costituzione della società, il debito subordinato è una forma di finanziamento per la società, ma il finanziatore, anziché essere un istituto finanziario, è costituito da uno dei soci, in questo caso Enrive S.p.a..

Per elasticità di cassa si intende la possibilità concessa dall'istituto di credito alla società, di avere in conto corrente una somma di denaro negativa fino ad un valore prestabilito detto "fido bancario"; la somma negativa raggiunta dovrà essere restituita con gli interessi maturati nel periodo in cui permane il segno negativo. In questo caso il fido è pari ad €/000 560, e vengono completamente impiegati nel primo anno di analisi (costruzione) prelevandoli con due tiraggi di €/000 181 ed €/000 379 ripartiti ai due semestri.

Il finanziamento Senior corrisponde al finanziamento concesso da parte dell'istituto finanziario.

La società costituisce un intermediario per l'IVA maturata durante la costruzione dell'impianto, dal momento che l'aliquota grava sul consumatore finale del prodotto. Quando la società acquista il materiale necessario alla realizzazione dell'impianto, essa paga anche l'IVA associata generando un credito nei confronti dello Stato. Nella fase di vendita del prodotto (energia elettrica), il consumatore paga alla società l'IVA competente. La società può quindi recuperare il credito che aveva generato. Periodicamente debito e credito verranno sommati al fine di realizzare l'effettivo pareggio. Per la società l'IVA non costituisce globalmente un costo, ma nella fase di costruzione deve anticipare questa quota. Gli istituti di credito consentono di finanziare l'IVA ad un tasso inferiore rispetto a quello con cui concedono un finanziamento normale; quindi, globalmente graveranno sulla società soltanto gli interessi associati a tale finanziamento.

Si descrivono di seguito le caratteristiche delle varie fonti di finanziamento.

Se si considera l'investimento al netto dell'IVA e al netto dell'elasticità di cassa (questo perché l'elasticità di cassa normalmente non viene impiegata direttamente nel progetto, ma costituisce una liquidità iniziale), si ottiene un valore di €/000 2.920. Di questa quota, l'81% è coperto con finanziamento Senior, mentre il 19% da mezzi propri, infatti:

$$\frac{2365}{2920} = 81\%$$

$$\frac{555}{2920} = 19\%$$

Il finanziamento Senior ha una durata di 9,5 anni, viene rimborsato su base semestrale a rate costanti con tasso di interesse annuo pari al 7,5%. Il tasso di interesse semestrale è pari al 3,68%⁵², e la rata semestrale è di €/000 175. Per ogni semestre gli interessi che devono essere versati all'istituto finanziario vengono calcolati come il 3,68% del debito rimanente (cioè il bilancio in apertura di quel periodo) e dalla differenza tra la rata costante e la quota di interessi si ricava il rimborso. Quest'ultimo avrà segno negativo, e la somma tra il debito rimanente all'inizio del semestre (bilancio in apertura) e il rimborso associato allo stesso semestre costituisce il bilancio finale di quel periodo, che coinciderà con il bilancio in apertura del periodo successivo.

⁵² Per calcolare l'interesse riferito ad un periodo di tempo più lungo t_1 , contenuto K volte in t_0 , si utilizza la seguente formula, per $t_1 > t_0$:

$$i_{t_1} = (1 + i_{t_0})^k - 1$$

Quindi per calcolare il tasso semestrale dato il tasso di interesse annuale, si utilizza la formula inversa, per $k=2$:

$$i_{t_0} = \sqrt{1 + i_{t_1}} - 1 = 3,68\%$$

Col passare dei periodi la quota di interessi diminuisce progressivamente, in quanto è calcolata sul debito residuo che ovviamente decresce col passare del tempo, visto che periodicamente una quota della rata viene destinata al rimborso. Quest'ultima, contrariamente agli interessi, aumenta col passare dei periodi, dal momento che la rata semestrale è costante e gli interessi diminuiscono. Al termine dei 9,5 anni il bilancio finale dell'ultimo semestre è pari a zero e la totalità del debito sarà restituita.

In Tabella 9.1.1.2 si riporta quanto spiegato per alcuni periodi di analisi.

Tabella 9.1.1.2 - Andamento del finanziamento Senior.

Periodo	0	1	2	3	...	20	21
Anni	2012	2012	2013	2013		2022	2022
Bilancio di apertura	0	0	2365	2276,8		169,0172	
Tiraggio	0	2365	0	0		0	
Rimborso	0	0	88,1565	91,40269		169,0172	
Bilancio finale	0	2365,0	2276,8	2185,4		0,0	
Interessi	0	0	87,08419	83,83808		6,223563	
Tasso di interesse semestrale	0,00%	0,00%	3,73%	3,86%		7,15%	

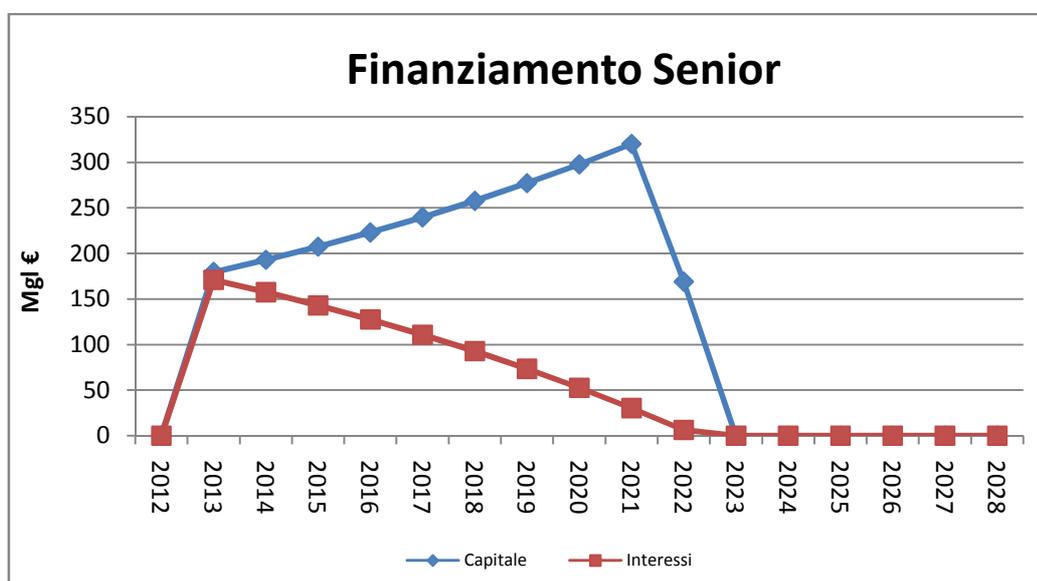


Figura 9.1.1.2 - Finanziamento Senior.

Il debito subordinato viene rimborsato con le stesse modalità del finanziamento Senior, in quanto la banca non accetta normalmente che una somma di denaro fornita dai soci sia più "redditizia" rispetto alla propria. Quindi, in termini percentuali, la quota di interessi da pagare sarà la stessa rispetto a quella pagata periodicamente all'istituto finanziario.

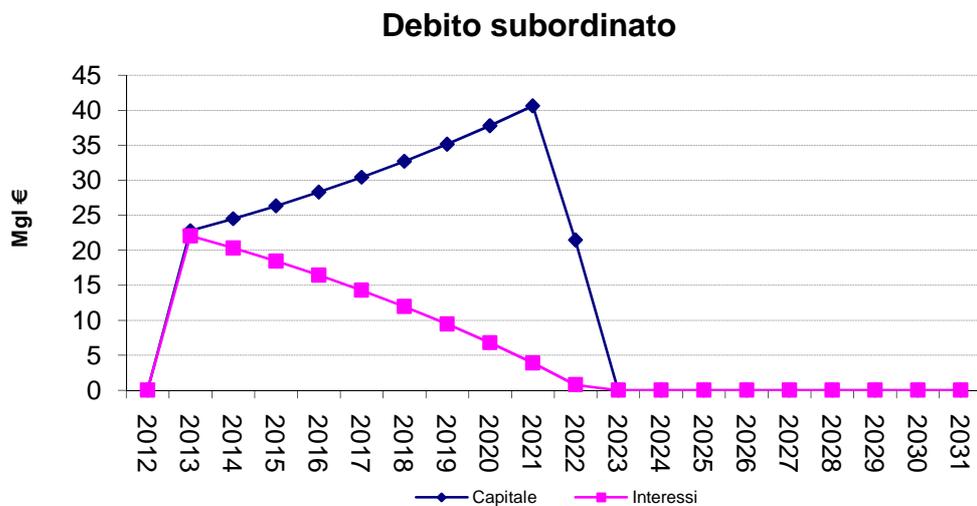


Figura 9.1.1.3 - Debito subordinato.

L’elasticità di cassa verrà rimborsata in 5 anni con un tasso del 6,0% analogamente a quanto sopra descritto, mentre il finanziamento dell’IVA maturata in fase di costruzione verrà totalmente pagata nell’anno di realizzazione dell’impianto con due tiraggi nei due semestri rispettivamente di €/000 81e 372. Questa verrà poi rimborsata in due rate pari ai valori di tiraggio nel secondo e nel terzo semestre di esercizio dell’impianto, ovvero nel primo semestre di esercizio verranno solamente pagati gli interessi associati senza effettuare alcun rimborso.

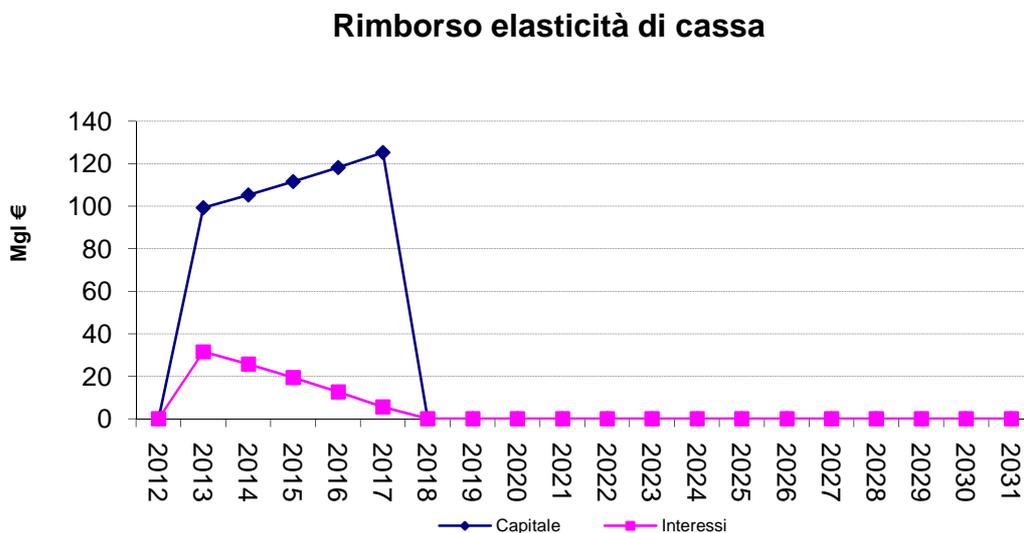


Figura 9.1.1.4-Rimborso elasticità di cassa.

Tabella 9.1.1.3 - Andamento del finanziamento IVA.

Periodo	0	1	2	3	4	5
Anni	2012	2012	2013	2013	2014	2014
Bilancio di apertura	0	81	452	452	372	
Tiraggio	81	372	0	0	0	
Rimborso	0	0	0	-81	-372	
Bilancio finale	81	452	452	372	0	
Interessi	0	0	-9	-9	-7	

In Tabella 9.1.1.4 si riportano le caratteristiche delle varie linee di finanziamento.

Tabella 9.1.1.4 - Caratteristiche dei finanziamenti.

Finanziamenti	
Elasticità di cassa	
Importo	560
Durata (n° anni)	5,0
Tasso di interesse in fase di gestione	6,00%
Finanziamento Senior	
Importo	2.365
Durata (n° anni)	10,0
Tasso di interesse in fase di gestione	7,50%
Finanziamento IVA	
Importo	452
Tasso di interesse in fase di gestione	4,00%
Debito Subordinato	
Importo	300
Durata (n° anni)	9,5
Tasso di interesse in fase di gestione	7,50%

Nelle Tabelle seguenti sono riassunte le voci che costituiscono gli impieghi e le fonti del progetto.

Tabella 9.1.1.5 - Impieghi di capitale per la costruzione.

Impieghi di capitale per la costruzione:	
Totale conferimento terreni	0
Impianti e componenti	1.650
Altri costi di investimento tecnico	1.003
Spese tecniche e consulenze	152
Totale costi d'investimento	2.805
Liquidità iniziale prefinanziata	600
Interessi e Commissioni durante la costruzione	75
Totale oneri non tecnici	675
Iva da finanziare	452
TOTALE IMPIEGHI DI CAPITALE	3.932

Tabella 9.1.1.6 - Fonti di copertura diretta.

Fonti di copertura diretta		
Mezzi propri (liquidità) di cui	555	16%
- equity puro	255	46%
- debito subordinato	300	54%
- conferimento terreni	0	0%
Finanziamenti di cui	2.925	84%
- elasticità di cassa - finanziamento MT	560	19%
- finanziamento senior	2.365	81%
Totale fonti per investimento ante IVA	3.480	
Finanziamento Iva	452	
TOTALE FONTI	3.932	

Gli *input* gestionali sono costituiti dai ricavi e dai costi annui di gestione, quest'ultimi inclusivi degli oneri per manutenzione ordinaria.

I ricavi di gestione annui sono funzione dell'energia elettrica prodotta, quindi i primi dati di *input* gestionali sono costituiti dalle caratteristiche dell'impianto in termini di potenza ed energia netta prodotta.

Come spiegato nel Capitolo 8, l'impianto ha una potenza di 600 kW elettrici, con autoconsumo stimato pari al 7% dell'energia prodotta e si assume in funzione per 8.000 ore all'anno. La sua produzione annua media è dunque di 4.464.000 kWh/anno.

Metodologie di analisi degli investimenti in impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili

L'energia elettrica prodotta dall'impianto sarà remunerata tramite corresponsione da parte del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) di una tariffa onnicomprensiva, ai sensi dell' art. 2, comma 145, Finanziaria 2008. Tale incentivo è pari a 0,28 €/kWh corrisposto per 15 anni; si è ipotizzato che questo periodo cominci a decorrere dal 31/12/2012.

I ricavi di gestione annui ammontano quindi ad €/000 1.250.

In Tabella 9.1.1.7 si riporta la tavola dei ricavi di gestione.

Tabella 9.1.1.7 - Ricavi annui di gestione.

RICAVI ANNUI DI GESTIONE			
Energia			
Potenza impianto	kWh		600
Quota energia elettrica prodotta e non auto consumata o dispersa			93%
Produzione giornaliera	kWh		13.392
Ore di operatività			8.000
Giorni operatività			333
Produzione annua media	kWh		4.464.000
Decadimento annuo			0,00%
Incremento produzione	%		0,00%
Indicatore di produzione rispetto alle 8.000 ore	%		100,00%
Contributi			
Tariffa onnicomprensiva	€/kWh		0,2800
Ritenuta d'acconto			0%
Tariffa onnicomprensiva post ritenuta	€/kWh		0,2800
Periodo di validità (anni)			15
Data fine tariffa onnicomprensiva			31/12/2027
Ricavi annui da tariffa onnicomprensiva			1.250
Vendita energia			
Tariffa minima garantita	€/kWh		0
Data inizio vendita energia			01/01/2028
Ricavi annui da vendita energia			0

I costi di gestione annui dell'impianto ammontano ad €/000 590 e sono costituiti da:

- costi di approvvigionamento delle materie prime, per €/000 359;
- costi diretti di produzione, per €/000 122;
- costi di impianto, per €/000 109.

Ai costi di gestione annui dell'impianto si aggiungono ulteriori spese nelle seguenti quote:

- gestione amministrativa, per €/000 43;
- assicurazioni, per €/000 10.
- Fidejussioni, per €/000 5.

I totali costi di gestione annui del progetto sono quindi di €/000 648.

In Tabella 9.1.1.8 si riporta la tavola dei costi di gestione.

Tabella 9.1.1.8 - Costi annui di gestione.

COSTI ANNUI DI GESTIONE E MANUTENZIONE ORDINARIA (€000)		
Produzione propria e acquisti da terzi		
Mais ceroso	€	283.284
Triticale	€	71.680
Totale costi annui per produzione propria	€/000	355
Acquisto da terzi		
Totale costi annui per acquisti da terzi	€/000	4
Totale costi approvvigionamento materie prime	€/000	359
Processo industriale di produzione		
Costi diretti		
Energia elettrica	€	12.000
Quantità	Mwh	80
Prezzo	€/Mwh	150
Manodopera (terzi)	€	25.000
Imprevisti per la digestione anaerobica	€	10.000
% costo d'investimento		
Assistenza biologica	€	20.000
% costo d'investimento		
Spandimento digestato	€	45.000
Altri costi	€	10.000
Totale costi diretti	€/000	122
Pre e PostTrattamento		
Totale costi per trattamento del digestato	€/000	0
Costi di impianto		
O&M	€	91.331
Materiali	€	
Manodopera - supervisione	€	18.000
Primo anno		01/01/2013
Totale costi di impianto	€/000	109
TOTALE COSTI GESTIONE IMPIANTO	€/000	590
Gestione Amministrativa		
Totale costi Gestione Amministrativa		43
Assicurazioni (Allrisk)		
Totale assicurazioni (€/000)		10
Fideiussioni per smaltimento		
Data pagamento		01/06/2012
Costo unitario		1,50%
Costo smaltimento impianto		320
Importo		5
TOTALE COSTI DI GESTIONE ANNUI		648

I costi di approvvigionamento delle materie prime sono associati essenzialmente alla produzione propria; solamente € /000 4 sono impiegati per acquistare reflui zootecnici in piccola quantità.

Il mantenimento del processo di produzione comporta dei costi diretti, come riportato in Tabella 9.1.1.8, dovuti dai costi per energia elettrica, manodopera, imprevisti, assistenza biologica, spandimento digestato ed altri costi generici. A questi si aggiungono costi legati ad attività di manutenzione, assicurazioni e fidejussioni per lo smaltimento.

Per fideiussione per lo smaltimento si intende il costo annuo associato alla cessione del rischio legato all'eventuale mancanza di possibilità da parte della società di adempiere all'onere associato allo smaltimento dell'impianto. Annualmente la società paga una quota pari all'1,5% del costo di smaltimento stimato (€ /000 320); al contempo il finanziatore garantisce il pagamento di tale costo in caso di inadempienza da parte della società.

Tutte le voci di costo e di ricavo sono, dove applicabile, IVA esclusa.

Si è inoltre applicato un tasso di inflazione del 2,00 % su tutte le voci di costo, ad esclusione dei costi per materie prime, considerando la possibilità di stipulare contratti vantaggiosi con i fornitori. Non si è inoltre applicato tale tasso inflattivo sui ricavi da tariffa onnicomprensiva previsti costanti.

9.1.2 Altri elementi del PEF

Il PEF e i suoi risultati si basano sui dati di *input*, che devono quindi essere inseriti con grande attenzione, e tendenzialmente in modo cautelativo qualora ci siano aspetti critici. Da questi il PEF completa automaticamente i fogli rimanenti in funzione degli *input* forniti.

Innanzitutto il foglio *Depreciation* costruisce le quote di ammortamento. Il PEF considera l'utilizzo della procedura dell'ammortamento finanziario per tutti gli investimenti in immobilizzazioni, oneri finanziari capitalizzati durante la fase di costruzione, costi per consulenti (legali, tecnici e assicurativi). Con l'applicazione dell'ammortamento finanziario, per ogni anno della durata del progetto è deducibile una quota di costo pari al costo complessivo dell'investimento diviso il numero degli anni di durata del progetto. Questo processo fa sì che, al momento della devoluzione del bene, questo sia completamente ammortizzato.

Il foglio successivo costruisce il MOL (Margine Operativo Lordo) del progetto per ogni esercizio. Inizialmente si calcolano i ricavi del progetto; questi non sono soggetti ad inflazione dal momento che la tariffa onnicomprensiva è costante nel tempo. Si calcolano poi i costi totali di gestione, come illustrato precedentemente; in questo caso però alcuni costi saranno inflazionati, assumendo un valore via via crescente nel tempo. Il MOL è calcolato come la differenza tra i ricavi e i costi totali di gestione e il suo andamento sarà decrescente nel tempo (a fine 2013 il MOL sarà di € /000 595, mentre a fine 2027 sarà di € /000 499).

Un ulteriore foglio denominato *Financing* costruisce i flussi di denaro associati alle varie linee di debito secondo le modalità viste nel paragrafo precedente. Questi verranno poi utilizzati per calcolare i flussi di cassa relativi a ciascun periodo.

Il foglio *Cash Flow* costruisce i flussi di cassa del progetto. Per comprendere come lavora questo foglio si prende in considerazione il primo anno di esercizio.

I ricavi provenienti dalla tariffa onnicomprensiva sono pari ad €/000 1.250, mentre i costi di gestione ammontano ad €/000 655. Il MOL del primo anno di esercizio è pari alla differenza dei due, ovvero €/000 595. Al margine operativo lordo devono essere sottratti tutti gli interessi passivi e i rimborsi maturati in quel periodo dalle varie linee di debito compreso il finanziamento dell'IVA, e le imposte (IRES ed IRAP).

Quanto rimane rappresenta la cassa disponibile per i dividendi di periodo ma ciò che interessa è piuttosto la cassa disponibile per i dividendi cumulata, che nel primo periodo di esercizio è pari ad €/000 96. La cassa è una grandezza finanziaria, ovvero denaro; il conto economico, costruito dal foglio *Profit & Loss*, contiene valori economici e fornisce come risultati l'utile o la perdita di ogni esercizio. Generalmente non c'è corrispondenza tra questi risultati economici e i flussi di cassa finanziari, a causa del fatto che spesso i pagamenti e le riscossioni di un dato periodo vengono dilazionati nel tempo. Di conseguenza la distribuzione dei dividendi deve tenere conto di questo aspetto.

Per effettuare la distribuzione dei dividendi devono essere verificate contemporaneamente due condizioni: la prima condizione è che la cassa disponibile per i dividendi cumulata (grandezza finanziaria) ridotta della cassa minima richiesta dal progetto (che in questo caso ammonta ad €/000 30) sia maggiore di zero; la seconda condizione è che l'utile/perdita cumulato fino a quel periodo del progetto (risultato economico) sia positivo.

Per la determinazione del valore dei dividendi, si considera il minimo valore tra il risultato economico cumulato prima dei dividendi e la cassa disponibile per i dividendi cumulata ridotta della cassa minima richiesta dal progetto. Così facendo, se la cassa è maggiore degli utili i dividendi assumono il valore degli utili, non essendo possibile distribuire una quantità maggiore agli utili creati dal progetto; se invece gli utili sono superiori alla cassa, nonostante il progetto abbia creato utili in maggior quantità, i dividendi assumono il valore finanziario disponibile, ovvero la cassa ridotta della cassa minima.

Tale quantità viene poi moltiplicata per la percentuale di distribuzione dei dividendi (in questo caso fissata pari al 100%).

Il foglio *Tax* calcola le imposte maturate in ogni periodo, mentre il foglio *Inflation* contiene i valori dei tassi di inflazione stimati per i costi ed i ricavi soggetti ad inflazione, cioè che dovranno essere moltiplicati per un fattore di correzione pari a $(1 + i)^n$ essendo i il tasso di inflazione ed n il numero del periodo considerato.

Il foglio *Ratios* calcola i valori degli indicatori economici di interesse che verranno illustrati nell'analisi dei risultati.

I dati principali di *input* ed i risultati più rilevanti vengono riportati in un foglio riassuntivo denominato *Summary*.

In un ultimo foglio vengono poi costruiti i grafici che illustrano l'andamento delle grandezze di interesse nell'arco della vita del progetto.

9.2 Risultati

Al fine della valutazione della convenienza economica del Progetto sono stati utilizzati gli indicatori che seguono:

Tasso Interno di Rendimento per l'azionista

Il TIR per l'azionista risulta essere pari al 19.5%. Il rendimento dell'azionista si compone di più componenti: i dividendi provenienti dalla gestione operativa e la distribuzione di parte della cassa finale al termine del periodo di funzionamento dell'impianto.

Nel calcolo del TIR per l'azionista, si considerano i totali versamenti di capitale proprio e la totalità dei dividendi disponibili per gli stessi. Così facendo, non essendoci azionisti privilegiati cioè aventi diritto ad una maggior quota di dividendi a parità di quota di partecipazione, il TIR assume lo stesso valore per i diversi azionisti, anche se questi partecipano in quote differenti (34% per Enrive S.p.a. e 66% per Società 1).

Valore Attuale Netto per l'azionista

Il VAN per l'azionista evidenzia valori positivi per €/000 309 a testimonianza che l'investimento consente un incremento di valore del capitale impiegato.

In Figura 9.2.1 si presentano i flussi di cassa per gli azionisti utilizzati per il calcolo dei due indici di redditività presentati. Il primo flusso negativo è il conferimento iniziale di capitale sociale, mentre l'ultimo flusso di cassa positivo è relativo alla distribuzione della cassa cumulata finale. Quelli intermedi rappresentano invece i flussi di cassa durante la gestione dell'impianto. Anche se i primi dividendi disponibili per gli azionisti sono distribuiti nel primo semestre del 2016, ci sono flussi di cassa positivi anche negli anni precedenti; questo è dovuto al fatto che uno dei soci (Enrive S.p.a.), in virtù del debito subordinato concesso, dal 2013 inizia a ricevere una quota di rimborso del debito ed una quota associata agli interessi. Il flusso di cassa positivo nell'anno 2017 è uguale a quello dei primi tre anni di esercizio in quanto non vengono distribuiti dividendi; in tutti gli anni successivi saranno disponibili dividendi aumentando quindi il valore del flusso di cassa.

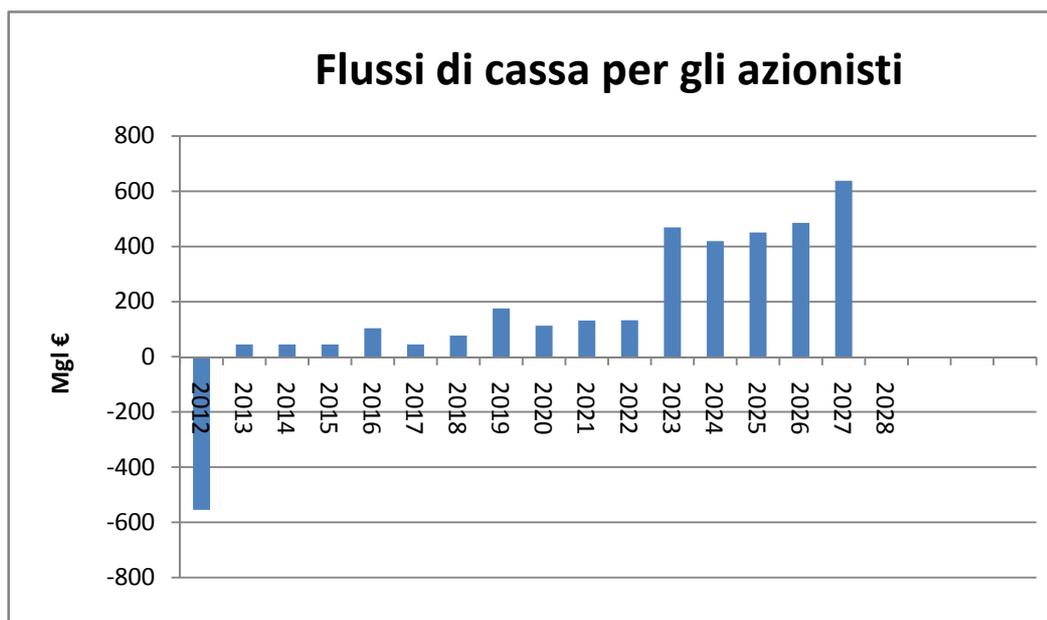


Figura 9.2.1 - Flussi di cassa per gli azionisti.

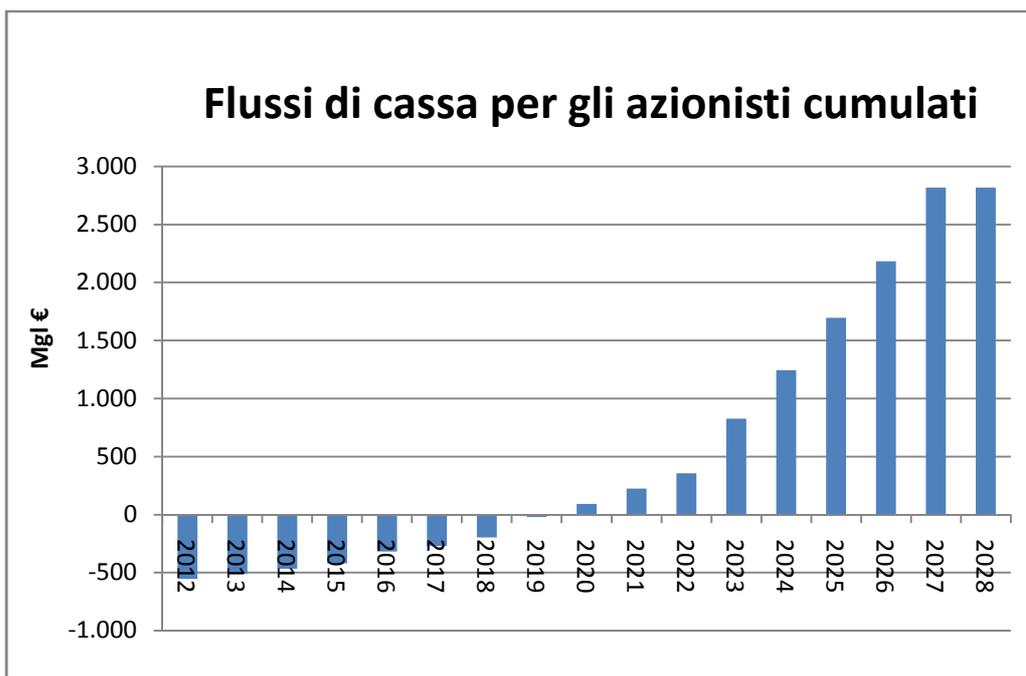


Figura 9.2.2 - Flussi di cassa per gli azionisti cumulati.

Tasso Interno di Rendimento del flusso di cassa del progetto

Il TIR del progetto esprime, in media, il tasso di rendimento dei flussi di cassa dell’investimento; cioè non considera solamente il flussi visti dagli azionisti, ma la totalità dei flussi uscenti ed entranti legati al progetto ipotizzando che sia realizzato completamente con mezzi propri o, più correttamente, con capitale privo in interessi sul debito. Esso risulta essere pari al 13,1%.

Il TIR del progetto pre tax è pari al 13,7%.

Valore Attuale Netto del flusso di cassa del progetto

Il VAN del progetto (post tax) evidenzia valori positivi, €/000 1.033 pre tax ed €/000 1.156 post taxa testimonianza che il progetto consente un incremento del valore dell’investimento iniziale, indipendentemente dalla struttura finanziaria adottata (dal momento che esclude i flussi finanziari connessi alla raccolta e al rimborso del debito).

Il VAN del Progetto è calcolato ad un tasso di sconto del 7,87% rappresentativo del costo medio ponderato del capitale, calcolato come media ponderata tra il costo medio del debito e il costo del capitale (stimato con il modello CAPM e pari al 13,75%).

Nonostante si stia considerando una condizione “ideale”, cioè in assenza di debito, nel calcolo del VAN di progetto si attualizza ad un tasso pari al WACC anche se non sarebbe propriamente corretto. Secondo quanto detto, in questo caso si dovrebbe attualizzare al costo opportunità del capitale ma, poiché il progetto dovrà comunque essere finanziato, nella pratica spesso si utilizza il WACC anche nel calcolo di questo indicatore.

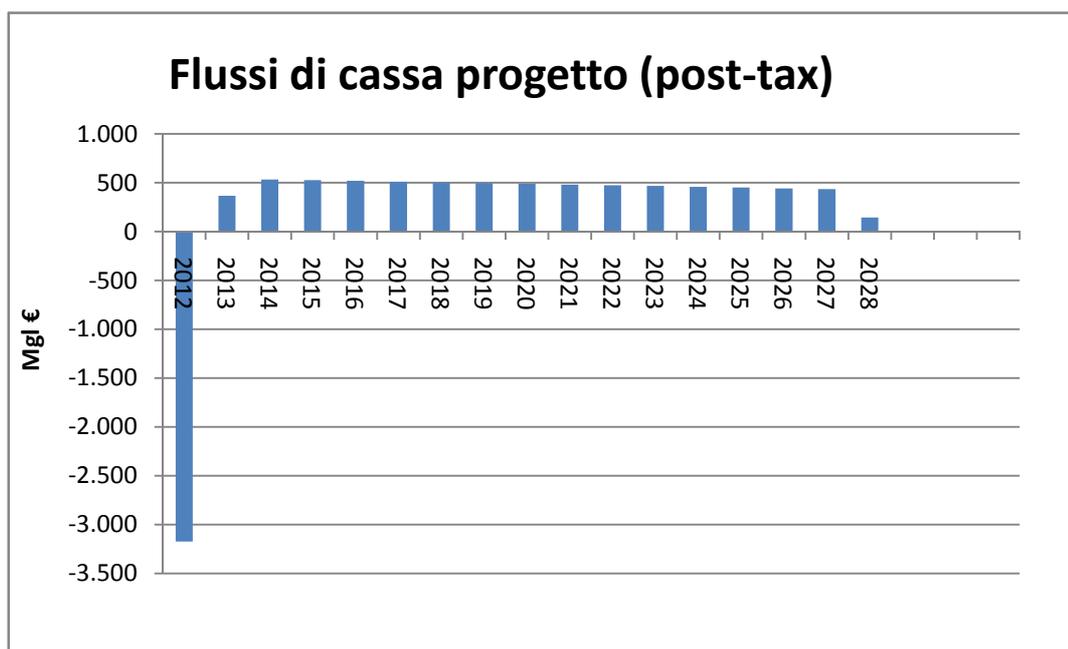


Figura 9.2.3 - Flussi di cassa di progetto.

I flussi di cassa tendono leggermente a ridursi in quanto parte dei costi sono soggetti ad inflazione, mentre non lo sono i ricavi derivanti dalla tariffa incentivante che è costante nel tempo. Inoltre si nota che nell'anno 2028, in cui l'impianto dovrebbe avere terminato l'esercizio, c'è una piccola quota di flussi positivi. Questo deriva dal fatto che il modello prevede che ci saranno dei crediti di IVA e soprattutto una quota di *working capital*, costituito dalla differenza tra le attività correnti e le passività correnti. In ogni esercizio considerato, non tutti i ricavi vengono riscossi entro la fine del periodo creando crediti a breve termine; analogamente alcuni pagamenti vengono dilazionati nel tempo, come succede con le tasse, creando debiti a breve termine.

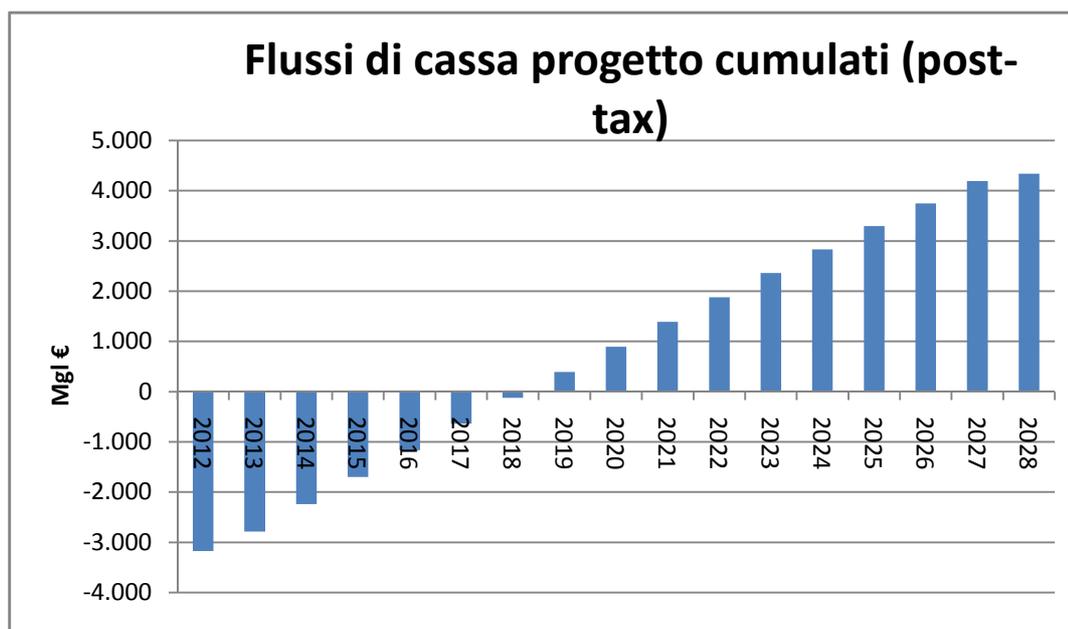


Figura 9.2.4 - Flussi di cassa di progetto cumulati.

Per quanto riguarda il tempo di recupero, si adotta il metodo non attualizzato, visti i vantaggi in termini di semplicità che questo presenta rispetto a quello attualizzato e in virtù del fatto che l'attualizzazione viene comunque impiegata nel calcolo del VAN.

Considerando mezzi propri di €/000 555 (*equity* più debito subordinato), il tempo di recupero è pari a 8,5 anni.

Se si considerano invece i totali flussi di cassa del progetto, utilizzati per realizzare i grafici in Figura 9.2.3 ed in Figura 9.2.4, il tempo di ritorno dell'investimento è pari a 7,5 anni, riscontrabile anche graficamente in Figura 9.2.4. Come detto nella trattazione teorica del metodo, il tempo di recupero è calcolato comprendendo il periodo di costruzione.

Ai fini della valutazione della capacità di rimborso dei finanziamenti sono stati utilizzati i seguenti indicatori di copertura del servizio del debito.

Debt Service Cover Ratio (DSCR)

E' dato dal rapporto tra il flusso di cassa di periodo disponibile per il servizio del debito (al netto delle tasse), ed il servizio del debito di periodo (quota capitale e quota di interessi). Esso costituisce una misura della capacità dei flussi di cassa operativi, al netto delle imposte di periodo, di coprire gli impegni finanziari in ogni periodo.

$$DSCR = \frac{CF_t}{K_t + I_t}$$

Il livello imposto di DSCR dipende dal profilo di rischio del progetto (maggiore è il rischio, più alto è il livello richiesto). Il significato dell'indice sta nel fatto che in ogni esercizio le risorse generate dal progetto dovrebbero essere in grado di coprire il servizio del debito. Un DSCR unitario sarebbe insostenibile, non tanto per i finanziatori, ma piuttosto per gli investitori, che vedrebbero un flusso di dividendi nullo per tutti gli esercizi di servizio del debito. Tuttavia, gli elementi di incertezza realistici del progetto, rendono questa situazione inaccettabile anche per i finanziatori.

Il calcolo di un DSCR medio aggiunge informazioni sul profilo di rischio associato al progetto.

Secondo queste considerazioni il DSCR non dovrebbe mai essere inferiore all'unità; nella realtà possono esserci periodi di esercizio in cui il progetto non riesce a coprire per intero il servizio del debito. Nel progetto esaminato, il DSCR del primo semestre di esercizio è pari a 0,39 ma per tutti gli altri semestri di servizio del debito il DSCR è superiore all'unità, e i flussi di cassa complessivi generati dall'operazione garantiscono un DSCR medio pari a 1,53.

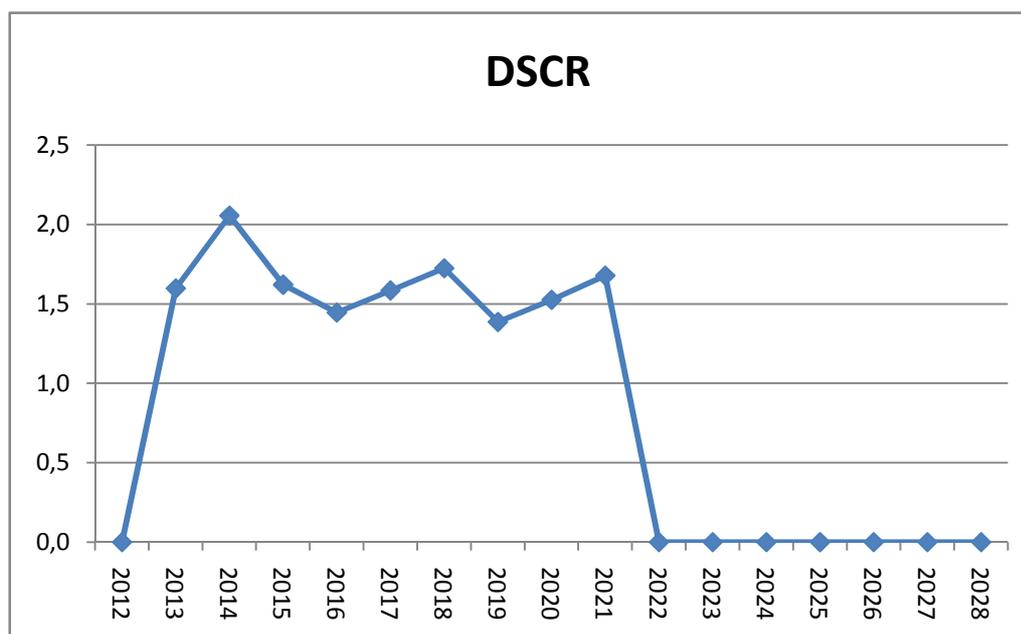


Figura 9.2.5 - DSCR del progetto.

Loan Life Cover Ratio (LLCR)

E' calcolato, per ciascun periodo, come rapporto tra il valore attuale della somma dei flussi di cassa CF_t disponibili per il servizio del debito riferiti alla durata del finanziamento bancario, cioè dei flussi di cassa operativi tra l'istante di valutazione s e l'ultimo anno per il quale è previsto il rimborso del debito $s+n$, ed il valore residuo del finanziamento bancario D_t . L'attualizzazione si opera utilizzando come tasso il costo medio del debito i . Al numeratore potrebbe aggiungersi l'eventuale riserva di cassa per il servizio del debito. Anche questo indicatore rappresenta una misura della solidità finanziaria del progetto.

$$LLCR = \frac{\sum_{t=s}^{s+m} \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{D_t}$$

Il LLCR può anche essere utilizzato per determinare il rapporto di indebitamento massimo di un progetto. E' infatti possibile utilizzare la formula inversa e risolvere per D_t per stimare l'ammontare massimo del debito che il progetto è in grado di sopportare. Ad esempio, se il valore attuale dei flussi di cassa è €/000 636 e il LLCR atteso è 1,5, il debito dovrà ammontare al massimo ad €/000 424.

Il livello di LLCR garantito dall'operazione risulta in media pari a 3,11.

Mentre il *Debt Service Cover Ratio* (DSCR) esprime il cosiddetto servizio annuale del debito ovvero la capacità del progetto di rimborsare la rata di debito relativa all'anno corrente, il *Loan Life Cover Ratio* (LLCR) tiene conto dell'andamento dei flussi di cassa operativi disponibili per il servizio del debito per tutta la durata residua dello stesso. In altre parole, mentre il DSCR esprime la capacità del progetto di coprire mediamente il servizio del debito relativo a ciascun periodo, il LLCR fornisce in ogni periodo la capacità futura del progetto di adempiere al debito residuo.

Nell'esempio considerato un DSCR medio pari ad 1,53 significa che mediamente, in ogni periodo di esercizio, il progetto renderà disponibile un flusso di cassa superiore del 53% rispetto al servizio del debito di periodo. Un LLCR medio pari a 3,11 significa che il progetto, mediamente, in ogni istante sarà in grado di coprire per più di 3 volte il debito residuo.

E' logico che i finanziatori dell'operazione richiedano un adeguato margine di garanzia. Non esiste tuttavia un livello standard con cui confrontare gli indici di copertura del debito; il limite considerato accettabile verrà di volta in volta negoziato in relazione alla rischiosità del progetto, alle garanzie fornite e alla forza contrattuale delle parti. Tipicamente il finanziatore del debito Senior richiede un DSCR almeno pari ad 1,2.

Un'ulteriore osservazione sul LLCR può essere tratta osservando il grafico in Figura 9.2.6: col passare dei periodi di esercizio il debito residuo diminuisce in virtù del rimborso periodico accordato, ed essendo il debito residuo al denominatore della formulazione del LLCR, ci si attende che esso abbia un andamento crescente.

Dal grafico in Figura 9.2.6 si può notare che effettivamente è così, però il fatto che l'indicatore cresca in modo estremamente rapido negli ultimi periodi di servizio del debito, porta a comprendere come la media aritmetica dei valori di LLCR nella totalità dei periodi sia "alterata" dall'andamento che l'indicatore assume quando il debito è quasi estinto.

Si potrebbe calcolare il suo valore medio escludendo gli ultimi periodi; in questo modo però l'indicatore non andrebbe più a coprire la totale durata del debito.

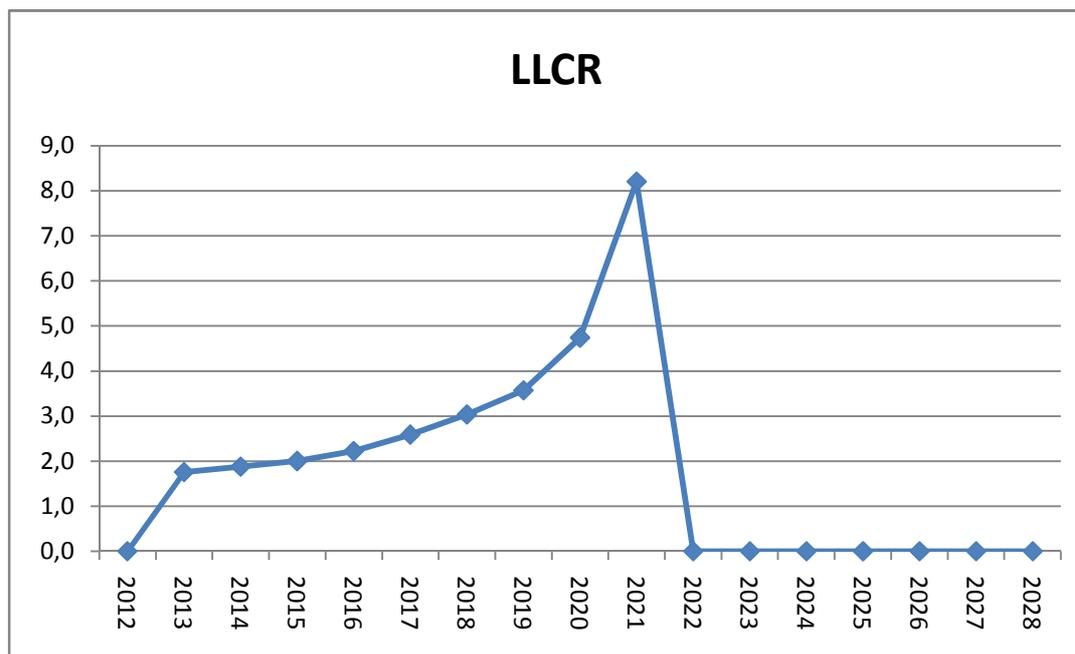


Figura 9.2.6 - LLCR del progetto.

9.3 Sintesi dei risultati

In Tabella 9.3.1 si riporta una sintesi dei principali dati e risultati del progetto:

Tabella 9.3.1 - Sintesi dei principali dati del progetto.

Importi in €/mille

Impieghi di capitale per la costruzione:		Fonti di copertura diretta	
Totale conferimento terreni	0	Mezzi propri (liquidità) di cui	555 16%
Impianti e componenti	1.650	- equity puro	255 46%
Altri costi di investimento tecnico	1.003	- debito subordinato	300 54%
Spese tecniche e consulenze	152	- conferimento terreni	0 0%
Totale costi d'investimento	2.805		
		Finanziamenti di cui	2.925 84%
Liquidità iniziale prefinanziata	600	- elasticità di cassa - finanziamento MT	560 19%
Interessi e Commissioni durante la costruzione	75	- finanziamento senior	2.365 81%
Totale oneri non tecnici	675	Totale fonti per investimento ante IVA	3.480
		Finanziamento Iva	452
Iva da finanziare	452	TOTALE FONTI	3.932
TOTALE IMPIEGHI DI CAPITALE	3.932		
Finanziamenti		Indicatori di Redditività	
Elasticità di cassa		TIR Mezzi propri	19,4%
Importo	560	VAN Mezzi propri	309
Durata (n° anni)	5,0		
Tasso di interesse in fase di gestione	6,00%	TIR Progetto (post tax)	13,1%
Finanziamento Senior		VAN Progetto (post tax)	1.033
Importo	2.365	TIR Progetto (pre tax)	13,7%
Durata (n° anni)	10,0	VAN Progetto (pre tax)	1.156
Tasso di interesse in fase di gestione	7,50%	Costo del capitale (CAPM)	13,75%
Finanziamento IVA		WACC	7,87%
Importo	452		
Tasso di interesse in fase di gestione	4,00%		
Debito Subordinato		Date di riferimento	
Importo	300	Durata costruzione (mesi)	10
Durata (n° anni)	9,5	Data inizio lavori (preliminari)	01/01/2012
Tasso di interesse in fase di gestione	7,50%	Data apertura cantiere	01/01/2012
		Data chiusura cantiere	31/10/2012
Cover Ratios		Durata lavori, incluso collaudo (mesi)	12
DSCR target	1,40	Inizio operatività	01/01/2013
DSCR medio	1,53	Fine della concessione	31/12/2027
LLCR minimo	1,64	Durata progetto (anni)	16
LLCR medio	3,11		

10. VISIONE DEL CANTIERE DEL PROGETTO SOCIETÀ 1

In data 01 ottobre 2012 è stata effettuata una visione del cantiere del progetto Società 1, presso un comune della Provincia di Padova, con l'obiettivo di verificare lo stato di avanzamento dei lavori e raccogliere informazioni relative alla realizzazione del progetto.

La visita si è svolta grazie alla presenza dei soci della Società 1, i quali si sono dimostrati disponibili ad illustrare quanto fatto e a rispondere a domande e curiosità. Questo breve Capitolo è quindi dedicato alla stesura delle informazioni raccolte e, per una maggior chiarezza espositiva, il tutto è integrato con alcune delle foto scattate in loco.

In Figura 10.1 si possono vedere le trincee di stoccaggio della biomassa vegetale. Quattro delle cinque trincee previste sono state realizzate e riempite con il materiale destinato ai digestori; il materiale è stato poi ricoperto con un apposito telo impermeabile. La loro lunghezza è di 45,0 m per una larghezza di 12,0 m. Le trincee sono alte circa 4,0 m e sono in grado di ospitare più di 2.000 mc di materiale ciascuna. Allo stato attuale le trincee non sono sfruttate al massimo della loro capienza per evitare di creare eccessivo ingombro negli spazi che, in fase di costruzione, sono soggetti a frequenti passaggi e movimentazione di materiale. La quinta trincea è in fase di costruzione e, sul lato sinistro della foto, è visibile il primo lastricato di cemento posizionato. Tale trincea avrà una capacità modesta rispetto a quelle già realizzate (con una larghezza di 8,0 m ed una capacità di 1.500 mc), per rispettare la zona di pertinenza dal gasdotto passante nella proprietà in prossimità della quinta trincea. Tale distanza è prevista per legge di 20,0 m per lato dal centro della tubazione.

Lo stoccaggio delle biomasse animali viene invece effettuato sfruttando le vasche di raccolta presenti nell'allevamento in prossimità dell'impianto; quindi le sole opere necessarie sono le tubazioni di collegamento delle stesse con l'impianto.



Figura 10.1 - Trincee di stoccaggio delle biomasse vegetali.

In Figura 10.2, è possibile vedere la struttura portante del locale uffici a sinistra, e di una piccola officina per effettuare la manutenzione dei componenti. A destra è invece visibile la vasca di premiscela, dove i materiali provenienti dalle varie opere di stoccaggio subiranno una prima miscelazione. In corrispondenza dei veicoli bianchi è stato posizionata la pesa, con la quale verranno pesate tutte le sostanze in ingresso e in uscita dall'impianto.



Figura 10.2 - Locale uffici, piccola officina e vasca di premiscela.



Figura 10.3 - Trituratore, posto nel locale tecnico.

In Figura 10.3 si può osservare il tritratore. Dopo che le biomasse sono state miscelate nella vasca di premiscela, la composizione così ottenuta viene sminuzzata per ottimizzare l'azione dell'attacco batterico in fase di digestione. Il tritratore è collocato nel locale tecnico, in prossimità della vasca di premiscela. Tale locale sarà adibito ad ospitare anche i quadri elettrici e il sistema di controllo dell'impianto, non ancora posizionati in loco.

In Figura 10.4 sono rappresentati i due digestori. Il punto da cui è stata effettuata la foto è tale per questi appaiono ancora "al grezzo" esternamente, ovvero privi del sistema di coibentazione e del rivestimento esterno, come si vedrà più dettagliatamente in seguito.



Figura 10.4 - Digestori anaerobici.



Figura 10.5 - Interno del digestore.



Figura 10.6 - Interno del digestore.

Dalle Figure 10.5 e 10.6 è possibile vedere l'interno di uno dei due digestori. Dalla prima Figura si possono notare due delle peculiarità che caratterizzano questa tipologia di impianto e che hanno spinto i soci della Società 1 a preferirlo, scartando altre soluzioni.

Il sistema di miscelazione si compone di due agitatori meccanici. Il primo è costituito da un'elica sporgente che provoca una movimentazione in senso circolare all'interno del digestore (Figura 10.5), il secondo è invece predisposto per garantire la movimentazione in senso verticale della materia (Figura 10.6). Quest'ultimo è costituito da uno stramazzo nella parte alta del digestore attraverso il quale la miscela passa dalla parte alta al fondo del digestore e viene spinta verso l'interno da una pompa.

Una delle criticità degli impianti più datati è costituita dalla necessità di effettuare periodicamente una pulizia all'interno dei digestori asportando la parte solida che si deposita sul fondo. Per fare ciò è normalmente necessario fermare l'impianto, scoperchiare i digestori ed operare con l'impiego di appositi macchinari. Questa tipologia di impianto consente invece di evitare la fermata del processo di produzione, in quanto i sistemi di miscelazione sono tali per cui, in corrispondenza del centro del digestore, tende a formarsi un cono di sostanza solida. Per rimuoverne una parte, in modo che la quantità presente nel digestore non sia mai tale da intaccare l'efficienza del processo, è sufficiente aprire una ghigliottina (Figura 10.7) situata all'esterno del digestore, alla quale è collegata la tubazione in Figura 10.5. La rimozione della sostanza solida avviene per la pressione esercitata dalla stessa e tale operazione dovrebbe essere svolta per brevi periodi di tempo un paio di volte al mese.

In Figura 10.5 è anche possibile vedere parte della condotta con cui il digestato viene prelevato dal digestore ed indirizzato verso la vasca di scarico digestato.



Figura 10.7 - Ghigliottina per l'asportazione dell'accumulo solido.



Figura 10.8 - Uno dei motori del sistema di miscelazione.

In Figura 10.9 si può osservare la struttura dell'impianto che consente il riscaldamento del digestore mantenendolo ad una temperatura ideale al processo. L'energia termica utilizzata proviene dal motore, e più precisamente, l'acqua del circuito di raffreddamento del motore viene fatta fluire attraverso un sistema di "cannette" in materiale plastico, visibili nel dettaglio nelle Figure 10.7 e 10.8. Una visione più ampia è invece rappresentata in Figura 10.9. Nella stessa si può osservare come il sistema di riscaldamento del digestore sia costituito da un elevatissimo numero di condotte; queste sono poi raggruppate in varie linee distinte da una numerazione e convogliano in un unico collettore costituito dalle tubazioni metalliche di colore verde che attraversano il digestore in tutta la sua altezza.

In Figura 10.10 si può notare in dettaglio parte del collettore; da esso, in caso di necessità, ogni linea può essere interrotta singolarmente senza impattare in modo rilevante sulle prestazioni del sistema di riscaldamento.



Figura 10.9 - Digestore non coibentato.



Figura 10.10 - Collettore tubazioni di riscaldamento.

In Figura 10.11 è rappresentato un digestore parzialmente coibentato e rivestito. Dalla stessa si può notare un scala esterna che consente di effettuare perlustrazioni dell'interno del digestore attraverso una finestra appositamente costruita. Inoltre, i condotti di immissione ed estrazione della miscela visti in precedenza dall'interno del digestore, sono visibili anche dall'esterno: dai due fori a lato della scala viene inserito il materiale proveniente dalla vasca di premiscela, mentre attraverso la tubazione inclinata si effettua l'estrazione del materiale digerito destinato alla vasca di scarico digestato. I collegamenti tra i vari componenti dell'impianto sono attualmente realizzati solo in parte.



Figura 10.11 - Digestore parzialmente coibentato.

Il dettaglio del sistema di coibentazione, realizzato con blocchi di lana di roccia, e del sistema di rivestimento finale, effettuato con una lamiera grecata, è visibile in Figura 10.12. Il tutto è atto ad ottenere un ottimo isolamento termico ed una efficace protezione dagli agenti atmosferici delle tubazioni di circolazione dell'acqua calda.



Figura 10.12 - Sistema di coibentazione.

Il materiale estratto fluisce nella vasca di scarico digestato visibile in Figura 10.13. In prossimità della stessa è posto il separatore solido liquido per effettuare la separazione delle due frazioni del materiale. La parte solida fluirà verso la trincea di stoccaggio della sostanza solida sottostante al vaglio del separatore per poi essere utilizzata come fertilizzante, mentre la frazione liquida sarà parzialmente riutilizzata nel processo di digestione e parzialmente convogliata nelle vasche di stoccaggio chiarificato, non visibili in cantiere.



Figura 10.13 - Vasca di scarico digestato.

Il gas estratto dai digestori viene poi indirizzato nel settore dell'impianto dedicato alla sua purificazione e successivo utilizzo. In Figura 10.14 si può vedere il container all'interno del quale sono collocati motore endotermico e generatore elettrico. In prossimità del container sono allocati il sistema di depurazione del gas (Figura 10.16) e la torcia (Figura 10.17) che consente la combustione del gas in eccesso, in modo da evitare la sua emissione in atmosfera.



Figura 10.14 - Container motore-generatore.



Figura 10.15 - Motore-generatore.



Figura 10.16 - Sistema di purificazione del gas.



Figura 10.17 - Torcia per il gas in eccesso.

La cabina elettrica di trasformazione ed immissione in rete dell'energia prodotta è situata in una posizione remota rispetto all'impianto vero e proprio. Il collegamento tra il generatore e la cabina era in fase di costruzione. Si stava procedendo con il posizionamento dei pozzetti lungo lo scavo dove sarà posato il cavo di collegamento. La cabina Enel, pur essendo completata strutturalmente, non è ancora stata connessa alla rete.

La maggior parte delle opere essenziali sono state svolte; si necessita di opere secondarie (non per importanza, ma in termini di tempo richiesto) come il completamento della coibentazione dei digestori e dei collegamenti tra i vari componenti dell'impianto, il completamento di una delle trincee di stoccaggio, del locale tecnico e degli uffici, e la realizzazione delle opere civili esterne (piazze, strada e confinamento della proprietà).

Nelle Figure 10.18 e 10.19 riprendono due visioni panoramiche del cantiere allo stato in cui si trovava in data 01 ottobre 2012.



Figura 10.18 - Visione panoramica.



Figura 10.19 - Visione panoramica.

11. STRUMENTI DI VALUTAZIONE – FOCUS SUL PROGETTO SOCIETÀ 2

11.1 Inquadramento del progetto

In questo Capitolo si andrà a considerare uno dei progetti che al momento si trovano sotto valutazione economico - finanziaria da parte di Enrve S.p.a.. Il soggetto proponente verrà chiamato Società 2.

Società 2 è una delle quattro società che costituiscono una *holding* finanziaria nata con il preciso scopo di raccogliere capitali da reinvestire in alcuni dei settori ad oggi tra i più dinamici ed attuali, quali la produzione di energie pulite e i servizi *cleantech*.

Società 2 è una delle aziende del gruppo attiva nel campo della produzione di energia elettrica, e nello specifico da fonte idroelettrica. Al centro dell'interesse di Società 2 è l'acquisto di concessioni o di centrali già avviate e/o lo sviluppo di nuovi impianti *greenfield*, perlopiù mini-idro (100<P<1000 kW) e micro-idro (P<100 kW), che sfruttino l'abbondanza idrologica nel nostro Paese da mettere in connessione con la rete nazionale. Si valuta inoltre la possibilità di ristrutturare e riqualificare siti su cui si trovino nuove o ex-centrali idroelettriche che dimostrino potenzialità idriche in grado di creare valore.

In quest'ultimo caso infatti si ottiene il duplice vantaggio di produrre energia pulita ed allo stesso tempo di valorizzare e riqualificare uno di quei piccoli-medi impianti disseminati sul territorio, e che ad oggi sono sfruttati solo in minima parte.

Nel dettaglio del progetto, Società 2 ha acquistato un'importante area progettuale per avviare un progetto che prevede la costruzione e la gestione di tre impianti idroelettrici, attraverso l'ottimizzazione delle potenzialità del bacino idrografico del fiume.

Società 2 ha acquistato un complesso aziendale nella Regione Friuli Venezia Giulia, comprendente una centrale idroelettrica con una potenza installata di 370 kW, già attiva e rimodernata nel 2003, con la possibilità di effettuare due nuove installazioni: una centrale idroelettrica con potenza di 710 kW ed un'altra centrale con potenza di 800 kW.

L'analisi svolta ha come obiettivo l'individuazione di un'offerta d'acquisto per l'acquisizione da parte di Enrve S.p.a. delle tre centrali, o meglio, dell'acquisto della centrale esistente e della possibilità di realizzare altre due centrali poste in prossimità della prima.

La proposta d'acquisto che verrà fatta sarà funzione della redditività del progetto complessivo, costituito cioè dal sovrapprezzo iniziale (per l'acquisto dell'intero "pacchetto") e dagli oneri da sostenere per la realizzazione delle nuove centrali.

11.2 Localizzazione del progetto

Il progetto coinvolge una superficie situata nella Regione Friuli Venezia Giulia, in tre siti rappresentati in Figura 11.2.1. Lo stabilimento esistente, ubicato in un canale artificiale derivato dal fiume, è la Centrale 2, ovvero quella rappresentata in posizione intermedia tra le due estreme.

In Figura 11.1, da sinistra verso destra sono indicate rispettivamente le localizzazioni delle centrali situate in:

- Centrale 1 (800 kW)
- Centrale 2 esistente (370 kW)
- Centrale 3 (710 kW)



Figura 11.2.1 - Localizzazione delle centrali facenti parte del progetto.

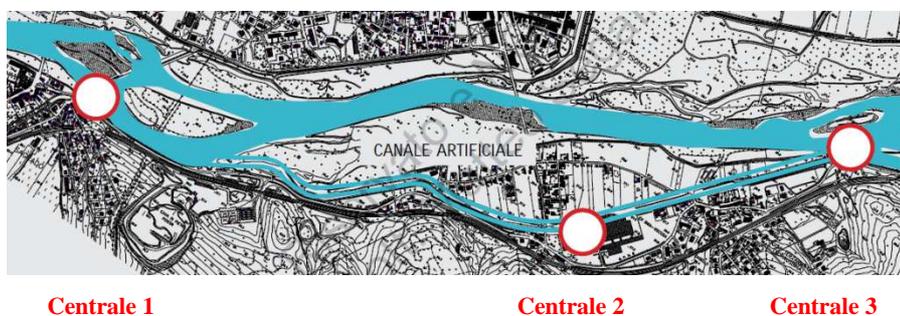


Figura 11.2.2- Localizzazione delle centrali facenti parte del progetto.

Rispetto alla Figura 11.2.1, la Figura 11.2.2 rende più agevole l'individuazione del percorso del canale artificiale che alimenta la centrale già esistente.

11.3 Descrizione del progetto

Gli impianti oggetto della presente relazione hanno lo scopo di produrre energia elettrica attraverso l'impiego in acqua fluente delle portate del fiume e di un canale artificiale dove è localizzata la centrale già esistente; tale energia elettrica verrà immessa in rete.

Come suddetto, il progetto Società 2 prevede la realizzazione di due nuove centrali idroelettriche in corrispondenza di salti ridotti. Tali salti sono creati dalla presenza di due briglie già esistenti e visibili in Figura 11.2.1. Le briglie sono state realizzate per consentire la formazione di canali secondari: la prima briglia, dove verrà realizzata la Centrale 3 da 710 kW, ha lo scopo di convogliare parte della portata verso la Centrale 2 (370 kW); la seconda briglia localizzata in prossimità della Centrale 1 ha come obiettivo la deviazione di parte della portata del fiume verso un canale artificiale irriguo.

11.3.1 Centrale 2 (impianto esistente da 370 kW)

La centrale è approvvigionata da un costante flusso d'acqua che ha la sua presa nel fiume. All'altezza della briglia a monte ha inizio il canale artificiale che convoglia parte della portata del fiume verso il canale che alimenta la centrale collocata a metà del canale stesso. Questa centrale è un impianto con turbina Kaplan ad esse orizzontale con generatore elettrico sincrono. Nel 2003 la centrale è stata oggetto di una serie di opere di riammodernamento e dal 2009 è attiva a pieno regime per 12 mesi all'anno.

Potenza: 370 kW

Produzione annua: 2.701 MWh⁵³

La centrale è stata realizzata negli anni '30 e nel tempo è stata oggetto di interventi di ristrutturazione oltre alla ordinaria manutenzione. Dalla informazioni acquisite, risulta che l'ultimo intervento di parziale ristrutturazione risale all'anno 2003 ed ha interessato sia le opere civili (presa, canali adduzione e scarico, centrale) che quelle elettromeccaniche con la sostituzione del gruppo di produzione esistente (2 turbine tipo Francis) con una turbina unica tipo Kaplan.

L'impianto, nella sua configurazione attuale, si compone delle seguenti opere:

- opera di sbarramento;
- opera di presa;
- vasca di calma;
- canale di adduzione;
- centrale;
- canale di scarico.

⁵³ Valore fornito da Società 2. Nel PEF potrebbe essere rivisto se non coerente con la Due Diligence svolta dalla società di Technical Advisory.

11.3.2 Centrale 3 (710 kW)

Tale impianto sarà localizzato come in Figura 11.2.1, in sinistra idraulica del fiume, a valle della briglia con paratoie sghiaiatrici che si trovano in loco, ed è stata anche fatta un'analisi di design per determinare il profilo più facilmente inseribile nel contesto delle opere presenti e completamente sommerso.

Questa centrale utilizzerà una coppia di turbine del tipo VLH (*VeryLow Head*); con l'utilizzo di questa tecnologia la turbina ed il generatore sono completamente sommersi permettendo in questo modo il quasi totale abbattimento del rumore. Inoltre consente un notevole risparmio volumetrico nell'edificio della centrale e dell'impianto stesso rispetto ad un impianto tradizionale.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di un piccolo vano tecnico a lato della zona di alloggio delle opere elettromeccaniche per il controllo della turbina stessa.

Potenza: 710 kW

Produzione annua: 6.066 MWh⁵⁴

La briglia esistente è stata costruita al fine di evitare fenomeni di erosione d'alveo molto pronunciate per regolare il regime del tratto di fiume considerato. Trattandosi di un impianto idroelettrico ad acqua fluente, per il quale non esiste un bacino di accumulo, la briglia viene ad assumere inoltre la funzione di deviare parte della portata presente nel fiume verso gli impianti idroelettrici per poi restituirla immediatamente a valle delle briglia stessa. La portata d'acqua che non verrà turbinata fluirà sopra alla briglia.



Figura 11.3.2.1 - Veduta aerea delle opere esistenti.



Figura 11.3.2.2 - Foto delle opere esistenti.



Figura 11.3.2.3 - Rielaborazione delle opere future.

⁵⁴Valore fornito da Società 2. Nel PEF potrebbe essere rivisto se non coerente con la Due Diligence svolta dalla società di Technical Advisory.

La centrale è suddivisa in due unità distinte: una unità contenente le opere elettromeccaniche, completamente sommersa, ed una unità contenente le sole unità logiche di comando e controllo.

Le opere idrauliche sono installate a lato della briglia in sinistra idraulica sul fiume, in posizione nascosta e non invasiva relativamente all'alveo del fiume, poiché a lato dello stesso e completamente sommerse, in modo da non interferire innanzitutto col regime idrografico del fiume ed in secondo luogo per non interferire con il paesaggio.

Tali opere sono costituite da:

- un canale di carico;
- una griglia con sgrigliatore per la raccolta dei rifiuti;
- due turbine con generatori integrati completamente sommersi;
- un canale di scarico, molto corto.

La centrale prevede la costruzione di due canali di presa a valle delle paratoie esistenti per l'adduzione delle acque in arrivo; i canali avranno delle griglie per bloccare il materiale più grossolano. I canali verranno messi in opera uno per ciascuna turbina in progetto.

Come suddetto, il progetto prevede l'utilizzo di una coppia di turbine tipo VLH (*VeryLow Head*), che è una turbina Kaplan ad asse quasi orizzontale con otto pale regolabili. Essa lavora a velocità molto basse e con salti contenuti e completamente sommersa.

11.3.3 Centrale 1 (800 kW)

Tale impianto sarà localizzato come in Figura 11.2.1, in sinistra idraulica del fiume, a valle della briglia posta a regimazione del tratto di fiume considerato.

A lato della centrale di nuova installazione esiste un canale a fini irrigui in sinistra idraulica, che utilizza circa 21,5 m³/s.

Questa centrale utilizzerà una coppia di turbine del tipo Dive Turbine a quattro pale fisse con distributore.; con l'utilizzo di questa tecnologia la turbina ed il generatore sono completamente sommersi permettendo in questo modo una riduzione congrua del rumore. Inoltre consente un notevole risparmio volumetrico nell'edificio della centrale e dell'impianto stesso rispetto ad un impianto tradizionale.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di un piccolo vano tecnico a lato della zona di alloggio delle opere elettromeccaniche per il controllo della turbina stessa.

Potenza: 800 kW

Produzione annua: 6.147 MWh



Figura 11.3.3.2 - Veduta aerea delle opere esistenti.



Figura 11.3.3.1 - Foto delle opere esistenti.



Figura 11.3.3.3 - Rielaborazione delle opere future.

Trattandosi di un impianto idroelettrico ad acqua fluente, per il quale non esiste un bacino di accumulo, le briglie viene ad assumere inoltre la funzione di deviare parte della portata presente nel fiume verso gli impianti idroelettrici per poi restituirla immediatamente a valle delle briglie stessa.

11.4 Analisi delle portate

I dati di partenza sono quelli forniti dalla Regione Friuli Venezia Giulia relative alle altezze idrometriche registrate da una stazione idrometrica, posizionata su un ponte ed indicata dalla freccia rossa in Figura 11.2.1. Le misure sono quindi relative ad una posizione intermedia tra le due briglie suddette, dove saranno realizzate le centrali di produzione. Tali dati sono relativi alle osservazioni effettuate negli ultimi dieci anni, e perciò estremamente attendibili ed efficaci secondo lo studio di ingegneria che ha svolto l'analisi.

I dati in termini di altezze idrometriche sono poi state convertite in portate. Queste ultime sono considerate in valori medi giornalieri.

Al netto della portata del canale di Centrale 2 (e per questo coincide con la portata turbinabile in Centrale 3), la portata media giornaliera del fiume in corrispondenza della stazione idrometrica sarebbe stimata essere pari a 30 m³/s.

Il canale di Centrale 2 preleva una portata di 14 m³/s, che vengono restituiti più a valle, ma comunque a monte della briglia di Centrale 1.

Quindi la portata turbinabile stimata in Centrale 1 è pari a $30+14-20=20$ m³/s, stimando la portata del canale irriguo attorno ai 20 m³/s (più precisamente 21,5 m³/s).

Con l'installazione di 2 corpi turbina in entrambe le nuove centrali risulterebbe possibile sfruttare portate che stanno nei seguenti *range*:

Q_{min}=3; Q_{med}=30 m³/s; Q_{max}=33 m³/s in Centrale 3, per una sola macchina;

Q_{min}=1; Q_{med}=20 m³/s; Q_{max}=23.2 m³/s in Centrale 1, per una sola macchina.

Lo studio che ha svolto l'analisi assicura che le stime sono comunque molto cautelative, anche rispetto ad analisi svolte dalla concorrenza, e che alcune misurazioni sono state svolte personalmente dalla società.

11.5 Dati di input

L'inizio dell'analisi è stata fissata in data 01/01/2013. Questa non coincide con la data di inizio dei lavori, dal momento che si stima che questi possano iniziare effettivamente solo in data 01/07/2013. Con un cantiere di durata 12 mesi la gestione avrà inizio in data 01/07/2014.

Il motivo per il quale si fa partire l'analisi da gennaio 2013 deriva da ciò che il Decreto Rinnovabili 2012 prevede per i nuovi impianti. Questi, infatti, hanno accesso ai meccanismi incentivanti previa iscrizione al registro informatico relativo alla fonte e alla tipologia di appartenenza dell'impianto. Secondo il Decreto, il bando relativo alla procedura di iscrizione al registro sarà pubblicato entro il 31 marzo di ogni anno, a decorrere dal 2013. Si è assunto quindi di richiedere l'iscrizione al registro del marzo 2013, per poter iniziare la fase di costruzione da luglio 2013.

Nel PEF si è ovviamente tenuto conto che la Centrale 2 esistente sarà soggetta a variazioni del sistema incentivante, e che il suo diritto agli incentivi cesserà in data 31/10/2016, considerando cautelativamente la conclusione della sua attività in tale data. Inoltre, questa produrrà ricavi anche nei 18 mesi in cui le nuove centrali non saranno in esercizio. Anche questo costituisce un aspetto molto importante dal punto di vista economico, come si vedrà nell'analisi dei ricavi.

Tabella 11.5.1- Date di riferimento.

DATE DI RIFERIMENTO	
Data inizio lavori	01/01/2013
Durata lavori di costruzione inclusa la progettazione (mesi)	18
Data fine lavori	30/06/2014
Durata collaudo (mesi)	0
Data inizio gestione	01/07/2014
Durata periodo di analisi totale (anni)	21,5
Data fine operatività	30/06/2034
Durata costruzione e collaudo (anni)	1,5
Durata gestione (anni)	20,0

Le caratteristiche riassuntive dei finanziamenti sono riportate in Tabella 11.5.2, dalla quale si può vedere che il finanziamento Senior ammonta ad €/0005.137 rimborsato in 22 semestri, cioè 11 anni, a partire da gennaio 2014, con rata semestrale costante di €/000 375. Nel 2013 non c'è rimborso del debito.

Si è notato che un finanziamento soci con un profilo di rimborso uguale a quello Senior (come scelto nel progetto Società 1) porta ad avere cassa negativa in diversi periodi di esercizio; si è quindi posto a zero il valore del debito subordinato.

L'IVA da finanziare ammonta ad €/000 1.402 e viene rimborsata in 2,5 anni a partire da gennaio 2014, ad un tasso pari a 6,3%.

Tabella 11.5.2- Caratteristiche dei finanziamenti.

Finanziamenti	
Elasticità di cassa	
Importo	0
Durata (n° anni)	5,5
Tasso di interesse in fase di gestione	4,80%
Finanziamento Senior	
Importo	5.137
Durata (n° anni)	12,0
Tasso di interesse in fase di gestione	8,00%
Finanziamento IVA	
Importo	1.402
Tasso di interesse in fase di gestione	6,30%
Debito Subordinato	
Importo	0
Durata (n° anni)	12,0
Tasso di interesse in fase di gestione	7,50%

Tabella 11.5.3 - Impieghi di capitale per la costruzione.

Impieghi di capitale per la costruzione:	
Costi di investimento tecnico	6.021
Spese tecniche, consulenze ed altri costi	598
Due diligence Banche e altri costi di strutturazione	55
Totale Investimento tecnico	6.674
Costi amministrativi SPV in fase di costruzione	0
Liquidità iniziale prefinanziata	460
Interessi e Commissioni durante la costruzione	205
Totale oneri non tecnici	665
Totale fabbisogno finanziario ante IVA	7.339
IVA da finanziare	1.402
TOTALE IMPIEGHI DI CAPITALE	8.741

In Tabella 11.5.3 sono riportati gli impieghi di capitale per la realizzazione del progetto; l'investimento tecnico richiede un impiego di circa €/000 6.700 di cui circa €/000 6.000 di costruzione e i rimanenti per spese tecniche e servizi finanziari.

La proposta d'acquisto, che viene fatta variare per capire quanto sia possibile offrire per avere indici di redditività accettabili, si trova nel foglio *Ratios* del PEF sotto la voce "Sovrapprezzo iniziale". Si suppone che tale quota sia interamente coperta da equity, dal momento che un debito a breve termine (per esempio 3 anni) sarebbe difficile da rimborsare, dal momento che inizialmente soltanto l'impianto esistente si troverebbe in funzione; tuttavia, se anche si riuscisse ad ottenere un prestito di questo tipo, la redditività ne sarebbe fortemente penalizzata.

La leva finanziaria è stata posta al 30% di equity e al 70% da finanziamento Senior. Questa si è rivelata la scelta ottimale rispetto ad altre combinazioni come il 20%-80% o il 40%-60%. Inoltre si è supposta nulla l'elasticità di cassa. Tale scelta è differente rispetto a quella fatta nella valutazione del progetto Società 1 in quanto la tipologia degli impianti è completamente diversa: un impianto a biogas per potersi avviare necessita di una adeguata scorta di biomassa disponibile accumulata in sito durante la fase di costruzione, e questo ha un costo; un impianto idroelettrico non ha di queste esigenze.

Tabella 11.5.4 - Fonti di copertura diretta.

Fonti di copertura diretta		
Mezzi propri (liquidità) di cui	2.202	30%
- equity puro	2.202	100%
- debito subordinato	0	0%
Finanziamenti di cui	5.137	70%
- elasticità di cassa	0	0%
- finanziamento senior	5.137	100%
Totale fonti per investimento ante IVA	7.339	
Finanziamento banche Iva	1.402	
TOTALE FONTI	8.741	

Per gli impianti entrati in funzione entro il 31 dicembre 2012 che hanno maturato il diritto a fruire dei certificati verdi, è riconosciuto, per il residuo periodo di diritto successivo al 2015, un incentivo sulla produzione netta incentivata ai sensi della normativa vigente.

Il residuo periodo di diritto all'incentivazione, essendo l'impianto entrato in funzione in data 1 novembre 2004 e quindi in data antecedente al 31 dicembre 2012, ed essendogli stato riconosciuto il diritto a beneficiare di certificati verdi, può essere scisso in due fasi:

- periodo residuo fino al 31 dicembre 2015;
- periodo residuo dal 1 gennaio 2016 al 31 ottobre 2016.

L'impianto attualmente, e quindi fino al 31 dicembre 2015, usufruisce di:

- vendita dell'energia elettrica prodotta in regime di Ritiro Dedicato ai prezzi minimi garantiti (PMG) per i primi 2.000.000 kWh annui prodotti, in quanto si tratta di un impianto idroelettrico ad acqua fluente di potenza <1 MW. La produzione oltre i 2.000.000 kWh viene remunerata applicando il prezzo zonale orario (del. AEEG 111/06 art. 30.4 lettera b). Nel PEF questo aspetto è stato approssimato per semplicità considerando che la totalità dell'energia prodotta sia soggetta a Ritiro Dedicato;
- certificati verdi validi per 12 anni, poiché l'impianto, dotato di qualifica IAFR, è entrato in esercizio prima del 31 dicembre 2007. L'impianto infatti, a seguito di un intervento di rifacimento parziale nel 2004, ha ottenuto dal GSE i Certificati Verdi nella misura del 60% dell'energia elettrica prodotta per i 12 anni successivi all'1 novembre 2004. La loro scadenza è quindi prevista per il 31 ottobre 2016.

Per il periodo residuo dal 1 gennaio 2016 al 31 ottobre 2016 la normativa di riferimento prevede per l'impianto 2 un incentivo I sull'energia netta incentivata ai sensi della previgente normativa di riferimento, aggiuntivo ai ricavi conseguenti alla valorizzazione dell'energia, pari a:

$$I = k \cdot (180 - Re) \cdot 0,78$$

Dove $k=1$ per gli impianti entrati in esercizio entro il 31 dicembre 2007, per cui anche nell'impianto considerato;

Re è il prezzo di cessione dell'energia elettrica definito dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas in attuazione dell'articolo 13, comma 3, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, registrato nell'anno precedente e comunicato dalla stessa Autorità.

Per quanto riguarda gli impianti 1 e 3, la normativa prevede che gli impianti che entreranno in esercizio negli anni successivi al 2013, avranno diritto a delle tariffe incentivanti pari al valore della tariffa base indicata dal Decreto Rinnovabili 2012 decurtato del 2% all'anno. Si prevede che gli impianti 1 e 3 entrino in funzione nel 2014, per cui la tariffa base di 0.155 €/kWh deve essere ridotta del 2%.

Tabella 11.5.5 - Ricavi annui di gestione.

RICAVI DI GESTIONE			
Energia prodotta			
Produzione giornaliera	kWh	37.302	
Giorni operatività			
Produzione annua media	kWh	13.615.085	
Decadimento annuo		0,00%	
Ricavi Centrale 2 esistente (370 kW)			
Valore certificati verdi	€/kWh	0,081	
Prezzo vendita energia PMG	€/kWh	0,075	
Prezzo vendita con prezzo zonale orario	€/kWh	0,075	
Valore nuovo certificato verde	€/kWh	0,082	
Ritenuta d'acconto		0%	
Periodo di validità (anni) certificati verdi, vendita PMG, zonale orario			
Data fine primi certificati verdi		31/12/2015	
Data fine vendita energia PMG e prezzo zonale orario		31/10/2016	
Periodo di validità (anni) nuova tariffa onnicomprensiva		3	
Data inizio nuova tariffa onnicomprensiva		01/01/2016	
Data fine nuova tariffa onnicomprensiva		31/10/2016	
Impianto A - Ricavi certificati verdi (60% energia, fino 12/15)		131	60%
Impianto A - Ricavi vendita energia PMG		203	100%
Impianto A - Ricavi nuovi certificati verdi (60%, fino 10/16)		133	60%
Ricavi Centrale 3 (710 kW)			
Tariffa incentivante	€/kWh	0,1519	
Vendita energia	€/kWh	0,0	
Ritenuta d'acconto		0%	
Periodo di validità (anni)		20	
Data fine certificati verdi		30/06/2034	
Data fine vendita energia		30/06/2034	
Impianto B - Ricavi tariffa incentivante		823	100%
Impianto B - Ricavi vendita energia		0	
Ricavi Centrale 1 (800 kW)			
Tariffa incentivante	€/kWh	0,1519	
Vendita energia	€/kWh	0,0	
Ritenuta d'acconto		0%	
Periodo di validità (anni)		20	
Data fine certificati verdi		30/06/2034	
Data fine vendita energia		30/06/2034	
Impianto C - Ricavi tariffa incentivante		834	100%
Impianto C - Ricavi vendita energia		0	
Ricavi complessivi impianti (fino al 31/12/2014)		1.992	

Tabella 11.5.6-Potenza, ore di funzionamento e producibilità.

	2	3	1
kW potenza	370	710	800
ore/anno	7.300	7.635	6.867
produzione kWh	2.701.000	5.420.850	5.493.235

Le ore di funzionamento annue sono state ipotizzate facendo riferimento ai dati forniti da Società 2 e dalla società di *Technical Advisory*. Quest'ultima si è dimostrata più cautelativa per gli impianti 2 e 3. D'altro canto, per l'impianto 1 non ha fornito un valore preciso della produttività attesa. La centrale 1 avrà a disposizione una portata d'acqua pari a quella del fiume ridotta di quella prelevata dal canale irriguo in prossimità della briglia. Essendo questa portata relativamente consistente, il numero di ore di funzionamento dell'impianto 1 risulta essere ridotto del 10% rispetto al numero di ore di funzionamento dell'impianto 3. Il tutto è comunque molto cautelativo, ma si è voluto dare un peso in termini di producibilità al rischio di avere una portata non sempre adeguata in corrispondenza dell'impianto 1.

In Tabella 11.5.7 sono riportati i costi di gestione annui. Questi ammontano ad €/000 581. Da notare il fatto che l'ICI non è stato conteggiato: questo dovrebbe essere aggiornato con l'IMU ma non avendo ancora a disposizione informazioni precise sulla sua entità, si è posto pari a zero. Essendo questa una valutazione non completamente definitiva, ma indirizzata all'effettuazione di una proposta d'acquisto per il "pacchetto" delle tre centrali, si è ritenuto possibile effettuare questa semplificazione.

Tabella 11.5.7 - Costi annui di gestione.

COSTI ANNUI DI GESTIONE E MANUTENZIONE ORDINARIA (€/000)		
Canoni		
Canone demaniale	€	60
Canone comunale e altri canoni	€	80
Totale costi annui canoni	€/000	140
Manodopera e manutenzione		
Manutenzione	€	175.000
Manodopera	€	0
Supervisione manodopera	€	30.000
% costo d'investimento		0,50%
Altre spese	€	0
% costo d'investimento		0,00%
Assistenza biologica	€	0
Center Cost e spese generali	€	0
Totale costi per manodopera e manutenzione	€/000	205
TOTALE COSTI GESTIONE IMPIANTO	€/000	345
Gestione Amministrativa		
Consiglio di amministrazione		20.000
Controllo di gestione SPV		20.000
Spese contabilità commercialista e notaio		20.000
Altre spese imprevedute		20.000
Sindaco		5.000
Totale costi Gestione Amministrativa		85
Assicurazioni (Allrisk)		
Premio assicurativo per kW	€	45
Potenza impianto		1.880
Data inizio pagamento		01/07/2014
Totale assicurazioni (€/000)		85
Fideiussioni		
Aliquota (%)		1,00%
Base di calcolo		6.674
% base di calcolo		0,00%
Data inizio pagamento		01/01/2013
Totale Fideiussioni (€/000)		67
ICI		
Aliquota (%)		0,00%
Valore imponibile (€/000)		6.021
Data inizio pagamento		01/07/2014
Totale ICI (€/000)		0
TOTALE COSTI DI GESTIONE ANNUI		581

11.6 Risultati

Come detto, l'analisi è finalizzata alla definizione di una proposta d'acquisto. Variando il sovrapprezzo iniziale si è visto che, per mantenere gli indicatori di redditività (TIR Equity) attorno all'8%, è possibile effettuare offerte comprese tra €/000 500 ed €/000 800.

Con una proposta di €/000 500 il TIR Equity è pari a 8,95%, mentre con una proposta di €/000 800 il TIR Equity è pari a 7,96%.

Anziché soffermarsi sui risultati e sugli indicatori visti per il progetto Società 1, si ritiene opportuno leggere il PEF in un modo più critico facendo alcune considerazioni mirate sui parametri che influenzano i tassi di interesse adottati, che possono poi essere estese a livello generale, per comprendere come e quali siano gli indicatori che questi influenzano. D'ora in avanti, se non specificato, si considera che il sovrapprezzo impostato sia €/000 800.

Un primo aspetto riscontrato durante la modellazione della struttura di valutazione è legato alla stabilità finanziaria del progetto. Ovvero, si è notato che variando anche in modo considerevole alcune voci di costo, l'effetto sulla redditività del progetto è estremamente modesto. Questa caratteristica deriva dal fatto che il progetto è a lungo termine e consente di spalmare gli oneri in un lungo periodo. Da questo si comprende il motivo per cui alcune semplificazioni, come quelle citate in precedenza, non incidano in modo pesante sui risultati dell'analisi.

La seconda cosa che attira immediatamente l'attenzione è il segno del VAN di Progetto (post tax) e del VAN Mezzi Propri (con sovrapprezzo impostato ad €/000 800): questi hanno segno negativo.

VAN Mezzi Propri = **-293 €/000**
VAN Progetto (post tax) = **-148 €/000**

TIR Mezzi Propri = 7,96%
TIR Progetto (post tax) = 7,93%

Indicatori con sovrapprezzo impostato ad €/000 500:

VAN Mezzi Propri = **7 €/000**
VAN Progetto (post tax) = **-148 €/000**

TIR Mezzi Propri = 8,95%
TIR Progetto (post tax) = 7,93%

Innanzitutto bisogna evidenziare il fatto che solamente gli indicatori VAN Mezzi Propri e TIR Mezzi Propri variano al variare del sovrapprezzo impostato (proposta d'acquisto). Quindi il VAN Progetto non subirà mutamenti al variare del sovrapprezzo iniziale, così come il TIR Progetto. Per definizione il TIR Progetto è indipendente dalla struttura finanziaria e dal sovrapprezzo.

Abbassando il sovrapprezzo iniziale ad €/000 500, il VAN Mezzi Propri assume il valore di €/000 7. Ciò significa che, senza modificare la struttura che definisce il costo del capitale (CAPM) con cui viene calcolato il VAN Mezzi Propri, per avere un valore positivo dello stesso sarebbe necessario poter acquistare il "pacchetto" ad €/000 500.

L'altro aspetto modificabile è il CAPM, o meglio le variabili che lo definiscono. Inizialmente il CAPM impostato ha le caratteristiche di Tabella 11.11.6.1.

Tabella 11.11.6.1 - CAPM iniziale.

Costo del capitale - CAPM	
Costo del capitale	8,93%
tasso di riferimento risk free	1,80%
tasso di rendimento atteso del mercato	7,50%
Premio market rischio	5,70%
Beta	125,00%

Nella trattazione teorica svolta nel Capitolo 5 del CAPM si sono evidenziate le ipotesi che lo sorreggono e gli aspetti che lo rendono nella pratica difficilmente applicabile in un investimento reale, anziché in un ambiente finanziario dove ha avuto origine.

Nonostante ciò, poiché si necessita di un metodo operativo per stimare il costo del capitale, questo viene applicato anche fuori dall'ambiente finanziario. La valutazione del rischio viene rappresentata dal parametro β ed ogni scelta adottata può comunque essere messa, entro certi limiti, in discussione. Inizialmente il β è stato impostato al 125%. Se andassimo a ridurre il β , il CAPM si abbasserebbe. Scontando i flussi di cassa ad un tasso più basso è ovvio che VAN Equity e VAN Progetto aumenteranno il loro valore.

Tabella 11.11.6.2 - CAPM modificato.

Costo del capitale - CAPM	
Costo del capitale	7,50%
tasso di riferimento risk free	1,80%
tasso di rendimento atteso del mercato	7,50%
Premio market rischio	5,70%
Beta	100,00%

Se si operano le modifiche riportate in Tabella 11.11.6.2 mantenendo il sovrapprezzo pari ad €/000 800, i risultati cambiano notevolmente. In questo caso verrà modificato anche il VAN Progetto.

Gli indicatori di Progetto sono scontati con un tasso pari al WACC. Questo a sua volta è influenzato dal CAPM, quindi variando questo, varia anche il VAN Progetto.

VAN Mezzi Propri = **154 €/000**
 VAN Progetto (post tax) = **35 €/000**

TIR Mezzi Propri = 7,96%
 TIR Progetto (post tax) = 7,93%

Quindi, con l'analisi del progetto Società 2 sono emersi alcuni punti di discussione. Il fatto che il VAN debba essere necessariamente positivo non è sempre così rilevante. Questo perché si è al corrente della difficoltà insita nella valutazione del rischio e del costo del capitale. Si è visto inoltre, come modificando un parametro estremamente astratto come il β , il risultati in termini di VAN possano variare. Ciò che costituisce l'elemento principe su cui valutare un iniziativa è quindi il TIR.

Per quanto riguarda i due indicatori di TIR, questi non variano, per come sono definiti, al variare di CAPM e WACC. Come suddetto, una variazione del sovrapprezzo porterà alla sola variazione del TIR Equity, mentre il TIR Progetto rimarrà immutato.

Mentre il sovrapprezzo, con il quale è possibile modificare l'indicatore di TIR Equity ma non quello di Progetto, è una grandezza negoziabile e quindi effettivamente variabile, le grandezze che influiscono su entrambi gli indicatori di VAN non sono realmente definite, ma vengono piuttosto impostate nel modello di valutazione con la consapevolezza che potrebbero non dare i risultati di VAN attesi.

Generalmente, si può affermare che se il TIR Equity è minore del tasso a cui è scontato il VAN Equity, cioè il CAPM, allora il VAN Equity avrà segno negativo. Inoltre, la variazione del solo sovrapprezzo porterà a variazioni di VAN e TIR Equity, ma non degli indicatori di Progetto; la variazione del solo CAPM (e di conseguenza del WACC) porterà a variazioni di entrambi gli indicatori di VAN, lasciando inalterati entrambi gli indicatori di TIR.

11.7 Sintesi dei risultati

In Tabella 9.3.1 si riporta una sintesi dei principali dati e risultati del progetto (condizioni di partenza con sovrapprezzo pari ad €/000 800):

Tabella 9.3.1 - Sintesi dei principali dati del progetto.

Impieghi di capitale per la costruzione:		Fonti di copertura diretta	
Costi di investimento tecnico	6.021	Mezzi propri (liquidità) di cui	2.202 30%
Spese tecniche, consulenze ed altri costi	598	- equity puro	2.202 100%
Due diligence Banche e altri costi di strutturazione	55	- debito subordinato	0 0%
Totale Investimento tecnico	6.674	Finanziamenti di cui	5.137 70%
Liquidità iniziale prefinanziata	460	- elasticità di cassa	0 0%
Interessi e Commissioni durante la costruzione	205	- finanziamento senior	5.137 100%
Totale oneri non tecnici	665	Totale fonti per investimento ante IVA	7.339
Totale fabbisogno finanziario ante IVA	7.339	Finanziamento banche Iva	1.402
IVA da finanziare	1.402	TOTALE FONTI	8.741
TOTALE IMPIEGHI DI CAPITALE	8.741		
Finanziamenti		Indicatori di Redditività	
Elasticità di cassa		TIR Mezzi propri	8,0%
Importo	0	VAN Mezzi propri	-293
Durata (n° anni)	5,5	TIR Progetto (post tax)	7,9%
Tasso di interesse in fase di gestione	4,80%	VAN Progetto (post tax)	-148
Finanziamento Senior		TIR Progetto (pretax)	10,9%
Importo	5.137	VAN Progetto (pretax)	1.190
Durata (n° anni)	12,0	Costo del capitale (CAPM)	8,93%
Tasso di interesse in fase di gestione	8,00%	Durata costruzione (mesi)	18
Finanziamento IVA		Data inizio lavori (preliminari)	01/01/2013
Importo	1.402	Data apertura cantiere	01/01/2013
Tasso di interesse in fase di gestione	6,30%	Data chiusura cantiere	30/06/2014
Debito Subordinato		Durata lavori, incluso collaudo (mesi)	18
Importo	0	Inizio operatività	01/07/2014
Durata (n° anni)	12,0	Fine della concessione	30/06/2034
Tasso di interesse in fase di gestione	7,50%	Durata progetto (anni)	22
Cover Ratios			
DSCR target	1,30		
DSCR medio	1,37		
LLCR minimo	1,64		
LLCR medio	2,66		

12. CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi è stato finalizzato all'apprendimento delle metodologie di analisi degli investimenti. I risultati dei due progetti considerati sono già stati discussi nei rispettivi Capitoli. Ciò che non è ancora stato messo in evidenza è la diversità dei due progetti analizzati, non tanto dal punto di vista tecnologico, in quanto evidente, ma piuttosto in termini della lettura dell'analisi.

Si è voluto affrontare l'interpretazione dei risultati in modo differente, anche perché le caratteristiche dei progetti sono tali da consentirlo.

Per quanto riguarda il progetto Società 1, si è scelto di riportare in modo quasi didattico i vari risultati economici con l'utilizzo di grafici che ne rappresentino l'andamento nel corso dell'esercizio. Questo perché tale progetto è stato anche utilizzato per comprendere le dinamiche di funzionamento del Piano Economico Finanziario, come strumento di valutazione degli investimenti. Infatti, si è ritenuto opportuno integrare l'esposizione dei risultati del progetto Società 1 con considerazioni legati alla struttura del PEF e dei meccanismi di finanziari adottati.

L'analisi del progetto Società 2 ha avuto come obiettivo, oltre che l'analisi economica - finanziaria del progetto (realizzazione delle due nuove centrali), la valutazione di una proposta per l'acquisto della centrale esistente e della possibilità di procedere con la costruzione dei nuovi impianti. Inoltre le caratteristiche del progetto hanno fatto emergere valori di VAN ritenuti insoliti. Nella realtà, per chi ha una maggiore esperienza in ambito economico-finanziario, tali valori sono giustificabili da assunzioni spesso difficilmente stimabili.

La diversità dei due progetti ha fatto sì che le considerazioni, riportate in modo distinto nei rispettivi Capitoli di trattazione, risultino alla fine complementari tra loro sotto l'aspetto dell'apprendimento di una corretta lettura del un Piano Economico Finanziario di un generico progetto.

Altro aspetto di varietà che caratterizza il lavoro nel suo complesso sta nel fatto che l'analisi del progetto Società 2 sia stata condotta introducendo un'ulteriore componente, ovvero la proposta d'acquisto (denominato anche sovrapprezzo iniziale). Ciò ha reso inoltre possibile comprendere quali siano gli indicatori economici sensibili o meno a questa componente.

BIBLIOGRAFIA

V. Maggioni, S. Sciarelli, P. Stampacchia, *Aspetti innovativi nella valutazione degli investimenti industriali*, Padova, CEDAM, 1992, Cap.1-2-5.

G. Brugger, *Gli investimenti industriali, vol. I*, Varese, Giuffrè Editore, 1979, Cap. 2.

W.G. Sullivan, E.M. Wicks, J.T. Luxhoj, *Engineering economy*, Pearson, 2006, Cap.12.

R.A. Brealey, S.C. Meyers, F. Allen, S. Sandri, *Capital budgeting*, McGraw-Hill, 2010, Cap. 4-5-7-9-10-11.

J. Berk, P. De Marzo, *Finanza aziendale*, Pearson, 2008, Cap. 3-4-18-19.

A. Bartolazzi, *Le energie rinnovabili*, HOELPI, 2005, Cap. 6.

B. Fernanders, J. Cunha, P. Ferreira, "The use of real options approach in energy sector investments", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4491-4497, ottobre 2011.

Rapporto Statistico Biomasse GSE(Gestore dei Servizi Energetici), 2009.

Investire nelle rinnovabili, trend, opportunità, prospettive, KPMG Advisory S.p.a., 2011.

Rapporto sul monitoraggio dello sviluppo degli impianti di generazione distribuita per l'anno 2010, Autorità per l'energia, 2012.

La crescita esponenziale della generazione diffusa sta profondamente cambiando il sistema elettrico nazionale, Autorità per l'energia, Milano, 27 marzo 2012.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare in modo particolare il Prof. Arturo Lorenzoni per avermi accompagnato al raggiungimento di questo traguardo, e il Dott. Matteo Segafredo per avermi offerto la possibilità di svolgere lo stage in Enrive S.p.a..

Ringrazio inoltre la Dott.ssa Cristina Boaretto e tutto il personale Sinloc S.p.a. per avermi ospitato e supportato durante questa esperienza.